



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Parametrisk design och dess tillämpning inom Landskapsarkitektur

Elias Södersten och David Bartenius

Självständigt arbete • 30 hp
Landskapsarkitekturprogrammet
Alnarp 2018

Parametrisk design och dess tillämpning inom landskapsarkitektur

Parametric design and its application within landscape architecture

Elias Södersten, David Bartenius

Handledare: Anders Westin, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Maria Kylin, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Biträdande examinator: Stefan Lindberg, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Master Project in Landscape Architecture

Kurskod: EX0814

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2018

Omslagsbild: Elias Södersten, David Bartenius

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Parametrisk design, Landskapsarkitektur, Arkitektur, Digitalisering, Computational design, Digitala verktyg

Abstract

The technology is developing at a rapid pace and is changing the society as well as the architecture and the humans within it. Parametric design has already been introduced to architects but is still quite rare for landscape architects. What is it and can it help landscape architects to create better designs? A literature review helped answering this and revealed different approaches to parametric design. It can be considered a new tool, a technique among others, to help architects benefit from the creative potential that lies within the ever-increasing source of accessible data. Others consider parametric design as something more, as the foundation of a new architectural style with its own agenda and aesthetics.

Parametric design could be explained as an approach to design where parameters are controlled by programming. For persons that lacks the experience, visual programming has made it easy to engage in this technique. Architects establishes the relationships by which parts of the design are related to each other. By editing the relationships, the whole design can easily be altered.

An exploratory research was done to broaden the understanding of parametric design and what it can mean to landscape architects. Different landscape projects that has used parametric design in the design process where examined and by looking at what role the parametric modelling played, different parametric approaches could be identified. We call them a precise rule-based approach, a conceptual-, and a directive approach.

The way architects have been using parametric techniques can many times easily be translated into landscape architecture. However, it is important to understand that the differences make it necessary to adjust it to better meet the needs of landscape architecture. Landscape architects' interest in processes and dynamic systems makes it interesting to explore the potential of the parametric tools in a design practice guided by a so-called performance-based design. It is suggested that parametric design should be considered a tool and a technique to use whenever necessary, that the design project determines to what extent it should be used. This means that the design process can resemble the conventional design process as well as fundamentally distinguish from it, all depending on the unique project. The literature review showed that parametric design can, but not necessarily need to have the aesthetics promoted by the "parametricism". Straight, Euclidean shapes can just as well be the result of parametric modelling.

Sammanfattning

Tekniken utvecklas i rasande takt och påverkar såväl samhället, arkitekturen som oss människor. Parametrisk design har sedan en tid funnits inom byggnadsarkitekturen men är fortfarande ovanlig för landskapsarkitekter. Vad är det och kan det hjälpa landskapsarkitekter att skapa bättre gestaltningar? För att svara på det gjordes en litteraturstudie som visade olika sätt att förhålla sig till parametrisk design. Det kan ses som ett nytt verktyg, en teknik bland andra, som kan ta tillvara på den kreativa potentialen i den stora mängden data som idag finns tillgänglig. Andra menar att parametrisk modellering är något mer, att det är basen i en ny arkitekturstil med ett eget formspråk och ett eget estetiskt uttryck.

Parametrisk design kan förklaras som ett förhållningssätt till design där parametrar styrs och kontrolleras genom i huvudsak programmering. För personer utan tidigare erfarenheter av det har en så kallad visuell programmering gjort det enkelt att engagera sig i den här tekniken. Arkitekten bygger upp förhållanden för hur olika delar av gestaltningen relaterar till varandra som sen enkelt kan redigeras genom att ändra förhållandena.

För att bredda förståelsen av parametrisk design och vad det kan vara för landskapsarkitekter gjordes ett undersökande arbete av olika landskapsprojekt där parametrisk design var en del av designprocessen. Där såg vi närmare på vilken roll det parametriska modellerandet kan ha och identifierade olika parametriska förhållningssätt till design. Vi kallar dem för ett precist-, ett konceptuellt- och ett vägledande förhållningssätt.

Tekniker inom parametrisk design som idag används inom byggnadsarkitekturen kan många gånger direkt översättas till landskapsarkitektur. Det är dock viktigt att förstå att skillnaderna dem emellan innebär att det parametriska modellerandet bör anpassas efter landskapsarkitekturens behov. Landskapsarkitekters intresse för processer och dynamiska system gör det därför intressant att undersöka de parametriska verktygens potential i en landskapsarkitektur som tar riktning mot en så kallad performancebaserad design. Det föreslås att parametrisk design ska ses som ett verktyg och en teknik att ta till när det anses nödvändigt, att projektet ska få avgöra i vilken utsträckning det parametriska modellerandet ska användas. Det innebär att designprocessen både kan likna den konventionella designprocessen och fundamentalt skilja sig från den, helt beroende på hur projektet ser ut. Litteraturstudien visade också att parametrisk design kan men inte behöver resultera i det ”typiska” utseende som ”parametricismen” förespråkar. Raka, euklidiska former kan lika gärna vara resultatet av parametriskt modellerande.

Förord

I arbetet med uppsatsen vill vi tacka följande:

Vår handledare Anders Westin för den tid du lagt ned och de insiktsfulla kommentarer du haft om uppsatsen.

Sweco Architects Malmö för att vi fått vistas på ert kontor, de trevliga kollegorna och den goda frukosten.

Jonas Runberger för en intressant och givande intervju.

David Fletcher for all the material you shared about the project "South Park", and the article "The Parametric Park" that we got access to before it was even published.

Elias Södersten & David Bartenius

2018-09-08 Malmö

Innehållsförteckning

01 Inledning	
Bakgrund	2
Mål & Syfte	3
Frågeställningar	3
Avgränsningar	3
Tillvägagångssätt & Metod	4
Läsanvisningar	5
Begreppsförklaringar	5
 02 Digitala Verktyg & framväxten av Parametrisk Design	
Digitala & analoga verktyg - ett motsatsförhållande?	10
Verktygens betydelse för skapandet av arkitektur	13
Parametrisk design - en historisk tillbakablick	15
 03 Parametrisk Design en introduktion	
Tolkningar av parametrisk design	25
Programvaran som används	27
Ett parametriskt exempel	28
 04 Parametrisk Design en fördjupning	
Vad är en parameter?	37
Vad tillför parametrisk design?	39
Parametricismen - en ny arkitekturepok?	44
 05 Parametrisk design och landskapsarkitektur	
Landskapsarkitektur - en profession i digital förändring?	50
Parametrisk design & landskapsarkitektur - hur ser det ut idag?	53
De parametriska verktygens roll i exempelstudierna	65
Performance - en riktning för landskapsarkitektur & parametrisk design?	67
 06 Avslutning	
Diskussion	74
Några viktiga slutsatser	80
Processreflektion & Kritik	82
Framtida studier	84
Referenser	86
Figurförteckning	91



01

Inledning

Bakgrund

Samhället är ett komplext system, uppbyggt och otaliga undersystem och komponenter i en myriad av sammanlänkade områden. Det krävs år av studier och erfarenhet för att förstå hur samhällets komponenter och krafter hänger ihop och förändras. Klart är att samhället liksom arkitekturen i stort är i ständig förändring. Konceptet om förändring inom arkitektens praktik är inte ny. Stora reformer och grundläggande förändringar som ifrågasätter etablerade konventioner, paradigmskiftet som ersätter gamla sanningar med nya eller tillfällen som fungerar som vattendelare inom yrket verkar hända med jämna mellanrum (Greenstreet, 2016). Dessutom är design i sig förändring och det påverkas inte minst av de snabba teknologiska framstegen. Tekniken har genom åren förändrat arkitekturen och därmed oss människor. Hur vi interagerar, hur vi rör oss och inte minst sättet vi arbetar på. I en undersökning från IBM Marketing Cloud konstaterades det att det samlas in 2,5 trillioner (18 nollor) bytes data varje dag (år 2016), det innebär att 90% av alla data i världen skapades på de två föregående åren fortsätter dem (Belfiore, 2016). Det är helt enkelt svårt att verkligen förstå hur mycket data som samlas in. Poängen är dock att det finns en stor och ständigt växande mängd data och i den finns en kreativ potential som delvis kan göras tillgänglig genom parametrisk design. Wallis och Rahman skriver i boken *Landscape Architecture and digital technologies* (2016) att det aldrig tidigare har varit enklare för formskapare att engagera sig i digital design. De menar att de matematiska trösklarna för att engagera sig i de digitala teknikerna idag är minimala när nya mjukvaruprogram välkomnar formskapare in i programmerarnas värld genom bland annat visuell programmering. Arkitekten och professorn Robert Woodbury menar att människor alltid har sysslat med design. Språk är vad vi säger och design är vad vi gör. Datorer är bara ett ”nytt” medium för att utöva denna gamla syssla. Med kraft och omtanke kan vi programmera dem att göra mycket av det vi kallar design, men inte allt (Woodbury, 2010).

Som en del av den teknologiska utvecklingen har digitala verktyg sedan en tid tillbaka blivit en naturlig del av landskapsarkitekters utbildning och profession. Ett parametriskt förhållningssätt anses idag vara dominerande inom digital design men till skillnad från till exempel byggnadsarkitekter som ofta använder sig av parametrisk design för att formge byggnader så används det sällan för att formge landskap (Wallis & Rahmann, 2016) (Belesky, 2013). I relation till det har det blivit relevant att ställa sig frågan vad parametrisk design kan göra för landskapsarkitekturen.

1.2 Mål & Syfte

Syftet är att undersöka hur ”ny” teknologi kan påverka och har påverkat arbetet för landskapsarkitekter och hur landskapsarkitekturen kan förändras i takt med den. Med vår uppsats vill vi uppmärksamma och bidra med kunskap kring den teknologiska utvecklingen som sker inom fältet landskapsarkitektur.

Specifika mål:

1. Undersöka och diskutera vad parametrisk design är, har varit och kan komma att bli, både teoretiskt och praktiskt.
2. Redogöra för olika synsätt på och förhållningssätt till parametrisk design.
3. Undersöka vad parametrisk design innebär för designprocessen.
4. Undersöka hur parametrisk design kan användas inom landskapsarkitektur.

Den här uppsatsen är relevant för arkitekter och formgivare, i synnerhet landskapsarkitekter med ett intresse för digital utveckling inom fältet.

1.3 Frågeställningar

Vad är parametrisk design?

Hur ser relationen ut mellan digitala verktyg och landskapsarkitektur och hur har landskapsarkitekturen påverkats av digitala verktyg?

Vad innebär parametrisk design för landskapsarkitekturen?

På vilka sätt och i vilka skeden kan parametrisk design tillämpas på landskapsarkitekturprojekt?

Hur påverkas arbetsprocessen av införandet av parametrisk design?

1.4 Avgränsningar

Parametrisk design är ett brett begrepp och används av många olika professioner. I uppsatsen kommer dock fokus ligga på parametrisk design i relation till arkitektur

i allmänhet och landskapsarkitektur i synnerhet. I uppsatsen syftar “arkitektur” på alla arkitekturdiscipliner om inte annat nämns. “Byggnadsarkitektur” används när det syftas på byggnader och “landskapsarkitektur” när det syftas på landskap.

Landskapsarkitekter finns representerade inom varierande områden av arbetsmarknaden och en landskapsarkitekts arbetsuppgift kan variera kraftigt. När vi diskuterar parametrisk design och hur det kan tillämpas inom landskapsarkitektur avgränsar vi oss främst till de som arbetar med gestaltning och projektering av utemiljöer.

Parametrisk design är i den här uppsatsen detsamma som digital parametrisk design. Det innebär att vi syftar på just digital parametrisk design även när vi utelämnar ”digital”. Om vi syftar på analog parametrisk design så specificeras det.

1.5

Tillvägagångssätt & Metod

För att svara på frågeställningarna och nå uppsatsens mål användes olika metoder och angreppssätt. En omfattande litteraturstudie gjordes och en semistrukturerad intervju utfördes. Intervjun är en del av litteraturstudien och gjordes i syfte att samla in information om ämnet. Praktiska exempel där parametrisk design har varit en del av arbetsprocessen studerades och en egen tillämpning av parametriskt modellerande gjordes för att bättre förstå och förklara.

I litteraturstudien används sökord som ”parametrisk design”, ”landskapsarkitektur”, ”generativ design”, ”computational design”, ”arkitektur”, ”algorithmic design”, ”performancebaserad arkitektur” och ”parametricism”. Både svenska och engelska sökningar har gjorts i databaser som “Google Scholar”, “Google” och “Primo”. Intervjun används som en del av litteraturstudien och redovisas som en muntlig källa.

Tillämpningen är en sökande process för att bättre förstå och förklara parametrisk design och dess tillämpning inom landskapsarkitektur i syfte att reflektera kring arbetsprocess och resultat. I arbetet med tillämpningen använde vi ”tutorials” från internet för att lära oss grunderna i parametrisk design. Framsidan och kapitelbilderna är produkter av dessa tutorials.

Uppsatsen är ett grupparbete. Arbetsmängden är lika fördelad, såväl den teoretiska som den praktiska delen har bearbetats och skapats av uppsatsens båda författare.

Läsanvisningar

Parametrisk design kan till en början vara ett ganska svårt och abstrakt ämne att sätta sig in i eftersom det kan kräva att läsaren bekantar sig med nya arbetsflöden, nya designprocesser och ett nytt språk.

Det visade sig också till en början vara ganska svårt att förklara vad parametrisk design är och kan innebära. Det låter nämligen sig inte förklaras genom en direkt beskrivning, utan behöver exempel och tolkningar som tillsammans kan ge en tydligare bild. Därför har vi delat upp uppsatsen i olika delar där ambitionen är att förståelsen ska öka allteftersom den läses, även om delar kan vara lite oklara till en början. Kapitel 2 syftar till att sätta in läsaren i den parametriska kontexten. Därefter introduceras parametrisk design i kapitel 3 genom att det både teoretiskt och praktiskt ges tolkningar och exempel på vad det kan vara för något. Kapitel 4 syftar till att ge läsaren en ökad förståelse för parametrisk design medan kapitel 5 förhoppningsvis ytterligare breddar förståelsen genom att mer specifikt undersöka det i relation till landskapsarkitektur. Därefter summeras uppsatsen med bland annat diskussioner, reflektioner och slutsatser. Kanske hjälper det att likna strukturen vid en tratt där vi inledningsvis börjar i mer generella ordalag för att avsluta den i en mer specifik diskussion om landskapsarkitektur.

Begreppsförklaringar

Computational design

Begreppet ”computational design” är svårt att översätta. Ordagrant betyder det ”beräkningsbaserad design” vilket inte är en helt tillfredställande översättning. Därför kommer den engelska termen ”computational” att användas i uppsatsen.

Computational design är ett brett begrepp som innefattar bland annat simuleringar, kodning, och automatiseringar av processer. I en intervju med Jonas Runberger beskriver han computational design såhär:

”Det innebär helt enkelt att vi använder oss av styrkan i programmering för att skapa associativa och ”intelligenta” modeller som förstärker våra möjligheter att studera olika

lösningar, konstruera avancerade modeller och skapa en mer informerad designprocess genom att koppla designmodeller direkt till analyser och simuleringar.”

Runberger¹

Generativ

När “generativ design” eller de “generativa egenskaperna” som parametrisk design erbjuder diskuteras i uppsatsen, så syftar det på de egenskaper som gör det möjligt att “bilda”, “skapa”, eller “generera” exempelvis en ny form.

Koda

Enligt Svensk ordbok:

”överföra uppgifter till ett programmeringsspråk för behandling i dator”

(Svensk ordbok, 2009)

Att skriva kod blir då att översätta instruktioner till det språk som datorn förstår när man programmerar.

Parameter

Enligt Svenska akademiens ordlista:

”storhet som kan hållas konstant för beräkning av beroende variabler men som själv kan varieras”

(Svenska akademiens ordlista, 2015)

Vidare kan en parameter beskrivas som ett värde som behövs för att köra ett program eller skript. I parametrisk design kan en parameter förenklat förklaras som den indata, i form av ett värde eller en referens, som datorprogrammet använder för att utföra en specifik funktion. Längre fram i uppsatsen (s.38-40) kommer parametrar

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

inom parametrisk design att diskuteras närmare.

Parametrisk design

Parametrisk design innebär i den här uppsatsen ett förhållningssätt till design. Parametrar styrs och kontrolleras i huvudsak genom kodning, skriptning, numerisk kontroll och visuell kodning. De kan användas för att bestämma ramar och begränsningar i en design eller för att mer precist kontrollera geometriska enheters form, storlek, dimensionering och inte minst relationerna däremellan.

Ett mål med uppsatsen är att försöka förklara vad parametrisk design är och innebär, men först behöver några avgränsningar och förtydliganden här göras. Ibland används andra termer i litteratur såsom ”associativ design” och ”algoritmisk design” men i den här uppsatsen har vi förenklat valt att samla dessa termer och kalla det för parametrisk design. En grundläggande egenskap med parametrisk design är att modellen där designen äger rum kontrolleras av- och hanteras av parametrar som kan ändras och på så sätt automatiskt förändra modellen. Det kan argumenteras för att många av de konventionella datorprogram som används av landskapsarkitekter redan är parametriska då det i dem är möjligt att numeriskt kontrollera geometrier. Uppsatsen syftar dock inte på dessa programvaror då algoritmerna och kodningen i dessa sker i bakgrunden. Istället är uppsatsens tolkning av parametrisk design den som omfattas av det bredare begreppet ”Computational design” och innebär att formgivaren aktivt skapar kodningen och algoritmerna som styr modellen.

Performance

Performance handlar om hur en gestaltning svarar gentemot uppsatta mål, vilka till exempel kan vara miljöaspekter, energieffektivitet, sociala aspekter eller materialeffektivitet i konstruktionen. Med nya digitala verktyg har dessa mål blivit en mer aktiv och integrerad del i designprocessen.

Performancebaserad design kan förenklat förklaras som ett förhållningssätt där en gestaltungs performance, alltså hur en design presterar, blir en vägledande eller direkt avgörande faktor i en utformning.

Precis som med ”computational design” är den svenska översättningen otillräcklig och därför kommer termen ”performance” att användas i uppsatsen.

Programmera

Enligt Svensk ordbok:

”analysera ett problem och omforma det till en arbetsinstruktion för en dator”

(Svensk ordbok, 2009)

Att programmera är då alltså att skriva instruktioner i ett språk som datorn kan förstå och på så sätt få datorn att utföra dessa instruktioner.

Skript

Enligt Svenska akademiens ordlista:

”text som innehåller instruktioner el. kommandon till dataprogram”

(Svenska akademiens ordlista, 2015)

Ett skript är då en specifik funktion, vilket blir ett kommando som programmerats för att lösa ett problem eller utföra en specifik uppgift.

Att koda är alltså handlingen att översätta instruktioner till ett språk som datorn förstår. Detta behövs när man programmerar vilket är att kommunicera instruktioner till datorn, vilket resulterar i ett skript som är en specifik instruktion eller funktion som resulterar i att datorn löser en uppgift.

Visuell programmering

Syftar till användandet av program såsom Grasshopper, Dynamo och Generative Components där programmering sker i ett visuellt gränssnitt snarare än genom användandet av textbaserad kodning. Se ett exempel på sida 28-36

The background of the entire slide is a repeating pattern of overlapping circles in various shades of gray, creating a textured, cellular effect.

02

Digitala Verktyg

& Framväxten
av Parametrisk Design

Det här kapitlet syftar till att sätta in läsaren i den parametriska designens kontext och sammanhang. Intuition och kreativitet kommer att diskuteras i förhållande till digitala medier då de ofta ställs emot varandra. Behöver det ena utesluta det andra eller går det inom ramen för ett designprojekt att använda sig av båda teknikerna? Därefter undersöks andra tekniker som genom historien har vuxit fram inom arkitekturen. Hur ska parametrisk design ses, är det i det sammanhanget ett verktyg, precis som till exempel sektionen och centralperspektivet, som vuxit fram allteftersom det uppstått ett behov av dem? Eller är det något annat? Gör det någon skillnad vilka verktyg eller tekniker arkitekter använder? Avslutningsvis så undersöks den parametriska designens utveckling inom arkitekturen.

2.1 Digitala & analoga verktyg - ett motsatsförhållande?

Design är delvis intuitivt och digital teknologi anses ofta stå i kontrast till intuition (Wallis & Rahmann, 2016). Litteraturstudien har visat att det är sant även för många landskapsarkitekter som både i undervisning och i praktik har svårt att se digital teknologi som ett kreativt medium (Waldheim, 2013). Det kan vara en av orsakerna till varför landskapsarkitekter har varit relativt sena att engagera sig i ny teknik. Vissa hävdar att det beror på en medveten strävan att skilja sig från byggnadsarkitekter som generellt sett snabbare tar till sig ny teknik (Wallis & Rahmann, 2016). Andra menar att skillnaderna mellan hus- och landskapsarkitektur gör att de senare många gånger inte har hjälpts av de digitala verktyg som funnits tillgängliga. Som exempel kan de objektbaserade datorprogram som ofta är anpassade till byggnadsarkitektur nämnas. Det kan göra det svårt att använda dessa program som landskapsarkitekt, eftersom landskap är mycket mer än bara ett fält av en samling objekt (Kingery-Page, 2016). Att engagera sig i digital teknik är inte ett självändamål utan det görs med fördel bara om det finns anledning att göra det. Om det inte gynnar projektets slutresultat eller landskapsarkitekters framtida yrkesroll bör en fråga sig varför hela eller delar av den konventionella designprocessen ska bytas ut. Det innebär att projekt som mår bättre av att behålla delar av designprocessen likt den konventionella, bör göra det. Möjligen är det att gå händelserna i förväg med en sådan tidig slutsats, speciellt med tanke på att det finns de som förespråkar annorlunda. Mer om detta längre fram i uppsatsen.

Antagandet att det finns en motsatsförhållande mellan handskissandet och parametrisk design kan vara ytterligare en anledning till varför landskapsarkitekter inte tidigare engagerat sig mer inom ämnet. Inom arkitekturen har handskissandet en närmast helig roll. Woodbury (2010) ironiserar kring det och kallar det för en "2B-religion", efter blyertspennans hårdhet. Trots hans ironiserande så finns det goda grunder till handskissandets betydande roll för arkitekter och designprocessen. Det finns flera publikationer som kopplar kreativitet till handritande, till ett mänskligt fenomen och som ger flera anledningar till varför handritandet är relevant och nödvändigt inom arkitekturen. I essäsamlingen *Drawing/Thinking: confronting an electronic age* beskriver bland andra Errol Barron (2008) detta. Pennan är en förlängning av vad någon tänker och känner, vilket resulterar i att handritandet reflekterar tankeprocessen. Samtidigt ger handritandet alternativet att lämna saker öppna, medan datorn kräver specificitet (Barron, 2008). Wallis och Rahmann (2016) menar att det finns ett antagande om att den obrutna kontakten mellan handen och hjärnan som återfinns när något ritas för hand ger de mest värdefulla insikterna för design och att digital teknologi distanserar oss från den verkliga världen. En skepticism mot digitala verktyg menar de delvis bygger på konceptet att kreativitet är ett mänskligt fenomen. De bemöter själva detta och säger att dessa åsikter tenderar att vara formade kring en begränsad förståelse om den digitala teknikens potential och reducerar dess värde till att vara ett "virtuellt skissbord" som används för att återskapa analoga tekniker. De menar att de digitala verktygens inneboende förmåga borde utforskas istället för att försöka återskapa handritningstekniker. Då handlar det inte om att ställa analoga och digitala metoder mot varandra, utan att istället se vilka styrkor och svagheter respektive teknik har:

"There is no argument that hand drawing will always have a valuable place in any designer's skills. Equally, computational design offers landscape architects analytical and new generative capabilities that cannot be replicated through drawing."

(Wallis & Rahmann, 2016, p. xx)

Uppsatsen försöker inte måla upp landskapsarkitekter som teknikfientliga, tvärtom har avancerade datorprogram länge använts och används fortfarande på daglig basis för många landskapsarkitekter. Ofta i projektering eller för att utföra avancerade analyser och kanske främst som ett kommunikationsverktyg i raffinerade visualiseringar. Däremot är det mindre vanligt att de används som ett designverktyg, i själva skapandet av former. Exempel kommer att ges på hur parametrisk design kan ge nya analytiska och generativa egenskaper, precis som citatet ovan påstår. Hur

dessa används kan vara skillnaden på olika designprocesser och i vissa fall innebär det en ny designlogik men inte nödvändigtvis att arkitekten lämnar över kontrollen åt datorn (Wallis & Rahmann, 2016). Det kan argumenteras för att det låter datorerna göra det de är bra på, det vill säga beräkna och behandla data, och på så vis på olika sätt hjälpa oss att fatta informerade beslut. För i slutändan är det vi som är formgivare, antingen åt landskapet i sig eller åt själva processen som det parametriska modellerandet innebär (ibid.).

Arkitekten och matematikern Christopher Alexander, menade redan på 1960-talet i boken *Notes on the synthesis of form* (1964) att arkitekters designproblem i vissa fall vuxit sig så stora och komplexa att den intuitiva lösningen på ett designproblem ibland helt enkelt ligger utanför en individs förenade fattningsförmåga. Han menade att en människas uppfinningsrikedom är begränsad. Precis som det i andra fält har visat sig finnas gränser i en människas kognitiva och kreativa kapacitet. Som exempel menar han att det finns gränser för hur svårt ett laboratorieproblem kan vara för att människor ska kunna lösa det, på antalet problem som kan betänkas simultant, på komplexiteten ett beslut kan ha för att kunna hanteras på ett klokt vis. Det finns inga definitiva gränser, fortsätter han, ändå är det klart att några typer av gränser existerar (Alexander, 1964). På liknande sätt säger han att det finns begränsningar i en individs kapacitet till mental aritmetik. För att lösa ett svårt aritmetiskt problem behöver vi ett sätt att lägga fram ett problem vilket gör det överskådligt (ibid.). Alexander (1964) menar att med hjälp av en blyertspenna och baksidan av ett kuvert kan man på två minuter lösa ett problem som vi inte hade kunnat lösa i våra huvuden även om vi försökt i hundra år. Han menar helt enkelt att genom att bryta ner ett problem i mindre och mer överskådliga delar blir steget från ett ogripbart problem till en lösning genast mindre.

Det pennan i det här fallet gör är att den hjälper formgivaren att tänka, att bryta ner och lösa uppgifter som vi inte kan lösa enbart med tankekraft. Kan computational design idag på motsvarande sätt hjälpa oss att lösa designproblem som inte kan lösas endast genom tankekraft och penna? Genom att utöka och ge oss större och nya analytiska- och generativa egenskaper kan kanske computational design hjälpa oss att överlappa avstånden mellan det mänskliga sinnets bristande kapacitet och dagens komplexa designproblem. Med hjälp av datorkraft och generativa modeller kan många olika lösningar genereras efter att formgivare bestämt hur (Wallis & Rahmann, 2016). Alexander (1964) argumenterar för införandet av matematik och logik i designarbetet, det vill säga tillsammans med intuition och kreativitet. Det behöver kanske inte vara ett motsatsförhållande de två emellan. Parametrisk design går kanske

att använda parallellt med konventionella tekniker. Alexander har en slutsats om maskiner som kanske går att applicera på användande av parametrisk design inom arkitektur. I så fall betyder det att maskiner, i det här fallet parametrisk design, ska ses som ett hjälpmedel för oss att utöka våran intellektuella och uppfinningsrika förmåga precis som människan på 1800-talet använde maskiner för att utöka sin fysiska förmåga (Alexander, 1964).

2.2 Verktygens betydelse för skapandet av arkitektur

Den tyske filosofen Friedrich Nietzsche skrev: *"Our tools are beginning to affect how we think."* (Steele, 2016, p. xxi) Något han formulerade efter att han själv kände att hans tankar och tankebanor förändrats i takt med att ha ersatt ett livslångt skrivande med penna och papper med en skrivmaskin (ibid.). Det Nietzsche upplevde kan vara relevant att tänka på för arkitekter när nya verktyg och tekniker introduceras i formskapandet. Jonas Runberger skriver i boken *Arkitekters verktyg: en kritisk diskussion om betydelsen av verktyg i förståelsen och skapandet av arkitektur* (2012) att arkitekter använder olika verktyg för att kunna analysera och gestalta förändringar på ett abstrakt sätt. Verktygsbegreppet innefattar såväl tekniker, metoder som representationsformer. Vidare skriver Runberger (2012) att vi till viss mån alltid har varit beroende av olika verktyg för att förstå platser, rumsliga förhållanden och för att utveckla komplicerade sammanhang. Historien visar hur olika uppfinningar och för tiden nya tekniker påverkat arkitekturen. Många av dessa tekniker har under senare tid tagits för självklara sätt att arbeta på. Till exempel fick sektionen sitt genombrott under medeltiden då det vid byggandet av kyrkor fanns en strävan att ta in det "gudomliga ljuset" genom att bygga höga rum i kyrkorna. Kyrkornas rumsliga proportioner i höjdlid behövde beskrivas och undersökas, till det användes sektionen som verktyg. Användandet av sektioner har sedan dess utvecklats till att också beskriva samband och rörelser i höjdlid, samt hur olika nivåer är kopplade till varandra. En annan teknik av stor betydelse är centralperspektivet som anses ha uppfunnits under 1400-talet av Filippo Brunelleschi. Vissa arkitekter började använda det för att uppnå perspektivistiska effekter och siktlinjer i sina projekt. Några började även med hjälp av centralperspektivet att manipulera de perspektivistiska effekterna för att till exempel skapa en större djupverkan (Ibid.). Petersplatsen i Vatikanstaten kan kanske ses som ett exempel på detta. Arkitekten

Gian Lorenzo Bernini skapade till exempel en optisk illusion genom att få bredden på Peterskyrkans fasad att upplevas mindre än vad den egentligen är för åskådare stående på torget (Wolfrum, 2015).



Fig.1: St Peter's, Vatican av Andy Hay ([CC BY 2.0](#)). S:t Petersplatsen, vy mot Peterskyrkan som upplevs smalare och närmare än vad den egentligen är



Fig.2: Saint Peter's Square av Tobias Abel ([CC BY-ND 2.0](#)). S:t Petersplatsen, vy från Peterskyrkan. Notera att bilden till vänster är tagen från andra sidan av obeliskens i bildens mitt. Från denna vy upplevs torget längre och större

De verktyg som används i designprocesser kan alltså återspeglas i de former den färdiga produkten får. Under de århundraden då platsskapande har dokumenterats har teknologiska utvecklingar varit en bidragande faktor till vilken typ av platser som skapats (Hansen, 2011). I artikeln *Towards a viral understanding of tools* (2016) gör Sha Hwang och Gaia Scagnetti en liknelse mellan designverktyg och smittsamma virus:

"With this model, the manifestation of new territories and new landscapes become easier to understand. If tools are viruses, they are transmitted through the traces they leave in the forms we construct with them. Tools are viruses whose symptoms are form."

(Hwang & Scagnetti, 2016, p. 75)

De fortsätter sin tes och förklarar att samtida arkitekter ofta blir kritiserade för sitt användande av nya verktyg och intresse för de extravaganta former som skapas med dem. Enligt Hwang och Scagnetti är dessa former ett symptom för den som nyligen blivit "infekterad". I likhet med virus har ett nytt verktyg en stark önskan om att överleva och för att göra det måste de i ett tidigt stadium vara extravaganta för att kunna smitta. När ett verktyg sprids minskar dess beroende av att synas för att överleva. När man tittar på ett verktyg för att se om det är framgångsrikt blir då inte strävan att titta efter innovation utan istället efter banalitet. *"- the resting state of a successful tool"* (Hwang & Scagnetti, 2016, p. 75).

Den teknologiska utvecklingen är tätt sammanflätad med hur allmänheten uppfattar samtidens kulturella och sociala sammanhang (Runberger, 2012). Arkitekturhistorikern Mario Carpo (2004) ser också kopplingen mellan teknologi och samhälle och skriver:

“Only a dialectical interaction -a feedback loop of sorts - between technology and society can bring about technical and societal change: including, in this case, change in architectural form.”

(Carpo, 2004, p. 16)

Den arkitektoniska form som Carpo (2004) nämner syftar till den förändring som skedde inom byggnadsarkitekturen under 1990-talet då byggnadsarkitekter alltmer började se möjligheter att använda digitala verktyg för att utveckla arkitekturens formspråk, både teoretiskt och i praktiken (Runberger, 2012)

Tekniker vi tar för självklara idag har alltså en gång också varit nya. Arkitekturen är i ständig förändring och utveckling. Precis som vi sett att centralperspektivet och sektionen har förändrat vilka typer av arkitektur som har skapats kommer vi i nästa kapitel se att datorn redan har förändrat och fortsätter att förändra arkitekturen.

2.3 Parametrisk design - en historisk tillbakablick

Den här uppsatsen fokuserar på digital parametrisk design och som tidigare förklarats i definitionsdelen går under det större begreppet computational design. Ett parametriskt förhållningssätt till design och ett parametriskt tänkande har dock funnits längre än vad datorn gjort. För att förstå grunden i parametrisk design kan dessa exempel ses som relevanta, då det grundläggande tankesättet liknar det som används i dagens digitala designpraktik, eller som Woodbury (2010, s.1) säger: *“Parametrics is more about an attitude of mind than any particular software application.”*

Ett tidigt exempel på ett analogt parametrisk tänkande och modellerande kan ses i de interaktiva modeller som Antonio Gaudí använde redan under 1890-talet (Frazer, 2016). I designen av kyrkan Colonia Güell använde Gaudí en hängande modell där trådar representerade de bärande pelarna och strukturerna i byggnaden. Genom att

hänga små vikter i trådarna ändras formen av den bärande strukturen för att klara av att hålla upp tyngden. Modellen kunde sedan studeras och ändras genom att antingen ändra konfigurationen av trådar eller genom justeringar av vikterna. Dessa justeringar gjordes fram tills en önskvärd form hade hittats (Huerta, 2006). I grunden kan detta ses som ett parametriskt tillvägagångssätt och tänkande (Frazer, 2016). De hängande vikterna och trådarnas placering blir parametrar som, när de ändras, förändrar hela modellens utseende. Själva konceptet parametrisk design kan dock härledas till den italienska arkitekten Luigi Moretti. År 1940 myntade Moretti termen ”Architettura Parametrica”. Med den termen tog Moretti fram teorier och undersökte relationen mellan parametriska ekvationer och arkitektonisk form, helt utan hjälp av datorer. Teorierna och ekvationerna var dock så komplexa att Moretti kunde skapa modeller av sina teorier först under 1960-talet då han kunde ta hjälp av en dator (Frazer, 2016).



Fig.3: Hanging model for Colonia Güell av Leonora (Ellie) Enking ([CC BY-SA 2.0](#)). Gaudís arbetsmodell för Colonia Güell, ett tidigt exempel på analogt parametriskt modellerande

År 1964 släppte arkitekten och matematikern Christopher Alexander boken *Notes on the synthesis of form* i vilken han menade att designproblem rationellt kan brytas ned till överlappande delmängder av funktionella krav som har en inbördes hierarki. Alexander exemplifierar detta med en tekanna som han bryter ned till en lista av 21 stycken faktorer som styr dess design. Exempel på faktorer var ”Den får inte vara svår att fylla med vatten” och ”Den får inte vara svår att hålla i när den är varm” (Alexander, 1964). Det kan argumenteras för att dessa variabler som Alexander använde sig av är parametrar:

“Alexander’s requirements, or ”misfit variables,” as he called them, follow the dictionary definition of a parameter—”a measurable factor forming one of a set that defines a system, or

sets the conditions of its operation”

(Rybczynski, 2013)

Viktigt blir att poängtera att Alexander inte letade efter sätt att skapa komplexa former utan snarare ville reda ut den inneboende komplexiteten i ett designproblem genom att bryta ned dem i mindre och enklare beståndsdelar (Rybczynski, 2013). Ett parametriskt tänkande innebär alltså inte per automatik användandet av datorer. Datorn erbjuder dock det mest effektiva sättet att utforska komplexa matematiska relationer (Jabi, et al., 2017). Därför kommer resterande delar av uppsatsen att fokusera på parametrisk design i en digital kontext.

I sin doktorsavhandling från 1963 utvecklade Ivan Sutherland ”Sketchpad”. Vilket var det första CAD-programmet (Computer aided design). Enligt Woodbury (2010) var “Sketchpad” den parametriska designens kliv in i den digitala världen. Med ”Sketchpad” visade Sutherland på potentialen i att använda datorgrafik för tekniska och formgivande ändamål, samtidigt som ett nytt förhållningssätt mellan människa och dator blev tydligt (Wallis & Rahmann, 2016). Parametrisk förändring var central i Sketchpadsystemet (Woodbury, 2010). När modifieringar gjordes av modellen eller input-variablerna i Sketchpad gick detta genom tydliga funktioner i datorprogrammet och förändrade modellens output automatiskt (Davis, 2013). Den begränsade datorkraften som fanns tillgänglig hindrade dock Sutherland från att fullt ut uttrycka den potential som fanns i digital parametrisk representation, att den kunde förändra designarbetet i sig självt (Woodbury, 2010). För även om parametriska funktioner är en inneboende del i alla de CAD-program som efterföljt ”Sketchpad” så används programmen främst som en digital översättning av analoga metoder, alltså till att rita med (Wallis & Rahmann, 2016).

År 1964, bara ett år efter Sutherlands ”Sketchpad”-avhandling, hölls konferensen ”Architecture and the computer” i Boston. Enligt arkitekten och professorn Stephen Phillips (2012) stod det vid tiden klart att den elektroniska eran skulle ha en stor påverkan på arkitekturen. Under konferensen diskuterades det hur datorer kunde användas inom arkitektur. Många framstående namn inom branschen närvarade på mötet, bland annat Walter Gropius, grundare av arkitektskolan Bauhaus, som vid tillfället var 81 år gammal. Olika åsikter om ämnet framfördes och många innovationer som CAD och BIM (Building Information Modelling) diskuterades och förutspåddes. Christopher Alexander närvarade inte på konferensen men bidrog med en essä där han trots sin i grunden positiva inställning

till införandet av matematik och logik i formskapandet kritiserade de, som enligt honom, tanklöst absorberades av användandet av ett verktyg för användandet av verktygets skull (Kotsioris, 2015). Alexander menade att det fram tills då inte fanns något problem inom arkitekturen där en komplexitet kunde undersökas i ett så väldefinierat sätt att det faktiskt krävde användandet av en dator (Rybczynski, 2013).

Under 1970- och 80-talet växte idéer fram kring hur datorn kunde användas på ett "designgenererande" sätt, istället för att endast återskapa analoga handritningsmetoder, så som CAD-programmen användes. Framstående i detta fältet var William J. Mitchell, direktör för "Architecture machine Group" vid universitetet MIT. Mitchell byggde teorier på hur geometri bestämmer arkitektonisk form och såg genom det arkitektur som en slags formell grammatik som kunde ändras genom användandet av grammatiska regler (Wallis & Rahmann, 2016).

Datorns användande i skapandet av arkitektur kom att få en ännu större roll då två filosofers idéer i mitten av 1990-talet fick en betydelse för arkitekturen. Den franske filosofen Gilles Deleuze släppte under 1980-talet boken "The Fold: Leibniz and the baroque", vilket var en nytolkning av den barocka filosofen Gottfried Wilhelm von Leibniz teorier (Wallis, et al., 2014). Leibniz koncept med "the fold" grundade sig i den barocka världssynen där människan blivit decentraliserad från skapelsens mittpunkt men istället ansåg sig förstå att naturen styrdes av en rationell logik och matematik. I den logiken kunde "oändligheten" rationaliseras. Konceptet med "the fold" användes som en estetisk metafor för denna rationalisering genom att kontinuerligt förändra något tills det lösts upp i oändligheten och blev ett med kosmos. Stiliseringar av detta kan ses i de flesta konststilar från tiden. Intressanta exempel för landskapsarkitekter kan vara broderiparterrer där spiralformade häckar viker sig in i "oändligheten" (se fig.4) eller där en fontän i slutet av ett centralperspektiv reflekterar den "oändliga" himlen (Prominsky & Koutroufinis, 2009).



Fig.4: Schlosswiederaufbau Herrenhausen, Hannover av mibuchat ([CC BY-SA 2.0](#)) Spiralformade broderiparterrer i den barocka parken Herrenhausen garden. Spiralen strävar mot mittpunkten för att stilisera en upplösning i oändligheten

Med Deleuzes nytolkning av "the fold" i slutet av 1980-talet låg en ny världssyn, där ett sekulariserat samhälle och en ökad medvetenhet om begränsningarna för relativitet och logik växt fram. I den nya kontexten blev "The fold" tolkat som något där allt som verkar ha substans endast är en tillfällig inblick i en kontinuerlig process. Att något veks sågs som en kontinuerlig process snarare än som ett rationellt sätt att uppnå oändlighet (ibid.). Konceptet med "The fold" kan vara invecklat och abstrakt, förklaringen som ges här är en övergripande förenkling, vilket inte nödvändigtvis betyder att den för det är lättförstådd. Om "vikningen" eller "the fold" skriver arkitekturhistorikern Mario Carpo:

"The fold, a unifying figure whereby different segments and planes are joined and merge in continuous lines and volumes, is both the emblem and the object of Deleuze's discourse. Folds avoid fractures, overlay gaps, interpolate"

(Carpo, 2004, p.14)

Snart efter publikationen av Deleuzes bok "The fold" började arkitekter ta till sig dessa teorier och göra tolkningar av den i arkitektoniska former (Prominski & Koutroufinis, 2009). I och med detta ökade intresset bland arkitekter att undersöka så kallade icke-euklidiska geometrier (Wallis & Rahmann, 2016). Till skillnad från en klassisk euklidisk geometri där avståndet mellan två parallella linjer alltid är konstant och aldrig kan mötas kan en icke-euklidisk geometri förenklat förklaras med att avståndet mellan två parallella linjer kan minska eller öka och att de parallella linjerna kan mötas. Exempel på detta kan vara ytan av ett Pringles-chips eller en sfär (Butler, 2016). Främst var det arkitekter intresserade av den dekonstruktivistiska utvecklingen av postmodernismen som inspirerades av de tankar Deleuze erbjöd med "the fold". Arkitekterna översatte teorierna till tankar om komplexitet och kontinuerlig variation, en transformation av olikheter inom en heterogen kontinuitet (Wallis, et al., 2014). År 1993 släpptes temanumret av tidningen "Architectural design" med namnet "Folding in architecture" Redaktör för temanummet var arkitekten Greg Lynn. Tillsammans med andra skribenter presenterade Lynn

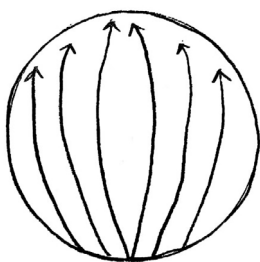


Fig.5 En sfär. Icke-euklidisk geometri

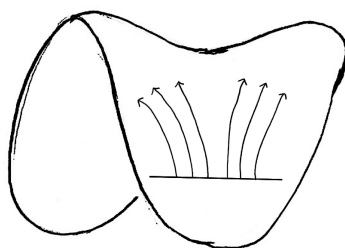


Fig.6 Ett chips. Icke-euklidisk geometri

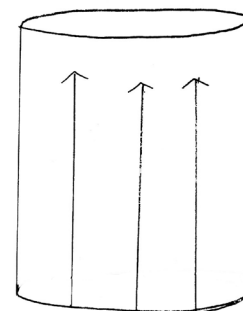


Fig.7 En cylinder. Euklidisk geometri

tolkningar av "the fold" tillsammans med tankar om hur teknik från flyg-, bil- och filmindustrin kunde tillämpas på arkitekturprojekt för att skapa nya rumsliga, form- och materialmässiga möjligheter (Wallis, et al., 2014). Någon som tidigt tog till sig Deleuzes idéer var arkitekten Peter Eisenman som menade att "vikningen" var en process och inte ett resultat, att det handlade om att skapa en byggd form, som tvunget måste vara statisk, men som skapar upplevelsen av rörelse genom en kontinuerlig variation och utvecklingen av form (Carpo, 2004). Den formmässigt kontinuerliga variationen krävde matematiska formler för att definieras och det var datorerna som tillät utforskningen och skapandet av dem:

"Conversely, given a mathematical function, computers can visualize an almost infinite family of curves that share the same algorithm, with parameters that can be changed at will"

(Carpo, 2004, p. 16)

Inneboende i tillämpningen av "the fold" inom arkitekturen kan det alltså argumenteras för att det låg en efterfrågan av digitala verktyg. För att kunna skapa de komplexa, matematiskt formulerade former som arkitekterna ville behövdes ett sätt att räkna ut dem och till det behövdes datorn. Det uppstod alltså ett behov av datorn inom professionen.

Efter publikationen av "Folding in architecture" började en digital teori och praktik att växa fram i arkitekturvärlden. Som en av de första att använda datorn som ett formgenererande verktyg kom Greg Lynn att bli en frontfigur inom denna rörelse (Phillips, 2012). Efter "The fold" i arkitekturen kom Lynn i sitt utforskande av datorns kapacitet även att mynta termen blob-arkitektur (Carpo, 2004) (Phillips, 2012).



Fig.8: Grazer Rieseneuter av Polybert49 ([CC BY-SA 2.0](#)) . Kunsthhaus Graz, ett exempel på "blob-arkitektur"

Under de kommande åren började många arkitekter att utforska möjligheterna med de digitala och parametriska verktygens formgenererande egenskaper. Ett av de tidigaste exemplen anses vara ”Yokohama port terminal” designad 1995 av Foreign office architects förkortat ”FOA” (Phillips, 2012). Projektet nämns ibland som det viktigaste arkitekturprojektet i den digitala eran (Wallis & Rahmann, 2016). I projektet suddades gränsen mellan ute/inne och byggnad/landskap ut i en kontinuerligt varierad form (ibid.) Den kontinuerliga ytan av trä agerar både som golv, väggar och tak. För att skapa byggnaden och dess kontinuerliga yta använde sig FOA av modelleringsprogrammet Microstation (Hansen, 2011). Enligt Phillips (2012) visar den komplexa byggnaden på hur olika parametrar kan organiseras och konstrueras i en stor skala med ett dynamiskt resultat.

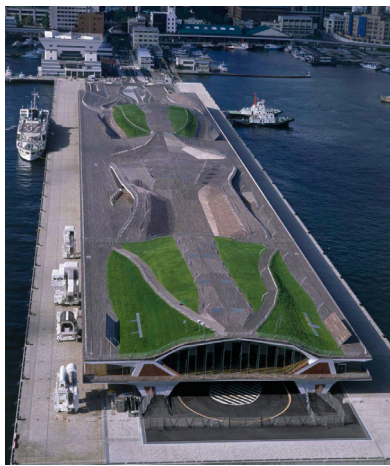


Fig.9 FOA - YOKOHAMA INTERNATIONAL PORT TERMINAL 01.jpg av Forgemind ArchiMedia ([CC BY 2.0](#))



Fig.10 FOA - YOKOHAMA INTERNATIONAL PORT TERMINAL 21.jpg av Forgemind ArchiMedia ([CC BY 2.0](#))

Ett problem med många av de former som skapades i de parametriska programmen var konstruktionen, många var helt enkelt för komplexa för att kunna byggas. Vilket ledde arkitekter till att börja undersöka system av mosaikliknande mönster, som många gånger blev en förutsättning för att konstruera formerna (Phillips, 2012). Med inspiration av fysikern och matematikern Stephen Wolfram blev bland annat ”Voronoi”-mönster populära, både som bärande strukturer och som rent ornamentala. Det nya intresset för mönster som den parametriska designen både krävde och tillät gav upphov till en förnyad debatt om estetik, ornamentik och elegans inom arkitekturvärlden (ibid.). I debatten argumenterar till exempel arkitekten Patrik Schumacher för elegans i artikeln *Arguing for elegance* (2007). Han menar att elegans är en mycket smartare term att använda än ”skönhet”. Den elegans han förespråkar är inte en minimalistisk elegans utan en elegans som enligt honom uppstår genom komplexitet. I sin tur är elegans då något som artikulerar

en komplexitet. Enligt Hansen (2011) har de parametriska verktygen bidragit till en uppsjö av komplexa mönster, inom både hus- och landskapsarkitekturen, som vore näst intill omöjliga att skapa utan datorns hjälp och vars like endast hittas inom den Moriska arkitekturen och verk skapade av Antonio Gaudí.



Fig.11: Alibaba_Headquarters av Sam Churchill ([CC BY 2.0](#)) . Exempel på voronoimönster



Fig.12: ARM- Melbourne Recital Hall and MTC Theatre, 2009 av Rory Hyde ([CC BY-SA 2.0](#)). Exempel på voronoimönster



Fig.13: Brussels: Parlement Francophone Bruxellois av harry_nl ([CC BY-NC-SA 2.0](#)) Exempel på voronoimönster



Fig.14: Bubble Pop and Bird's Nest av KittyKaht ([CC BY-SA 2.0](#)) Exempel på voronoimönster, Beijing aquatics center

Under det senaste årtiondet har mängden litteratur kring fältet ”parametrisk design” ökat snabbt (Charalampidis & Tsalikidis, 2015). Utvecklingen av teori och praktik inom området beror till stor del på det arbete och den acceptans som kommer från vissa skolor och institutioner såsom ”Harvard school of design”, UC Berkley och UCLA (Phillips, 2012) (Charalampidis & Tsalikidis, 2015). Det huvudsakliga akademiska intresset kan dock härledas till att parametrisk design inte bara är ett nytt verktyg för att gestalta med, utan även tillåter tanken att expandera bortom de mänskliga begränsningarna (Charalampidis & Tsalikidis, 2015).

Under senare tid har intresset av att använda parametrisk design för att endast skapa komplexa former svalnat något. Istället har intresset riktats mer mot ”performance”, alltså arkitektur baserad på prestation och optimering gentemot klimat-, miljö- och sociala förhållanden samt andra kriterier så som fabricering, konstruktion och

kontext (Phillips, 2012) (Sattler, 2016). Det kan argumenteras för att computational design och parametriska system har hjälpt ett performance-baserat förhållningssätt till design och arkitektur att växa och bli ett av de största fälten inom digital designpraktik, digital designforskning och digital designutveckling (Oxman, 2008) (Wallis & Rahmann, 2016). Enligt Rivka Oxman (2008) är byggnaden “Swiss Re tower” i London, ritad av Foster and Partner ett ikoniskt exempel på en performancebaserad design skapad med parametriska verktyg. Byggnadens fasad och struktur är optimerade gentemot vindbelastningar och strukturell bärighet. Byggnadens spiralform gör att vinden inte trycks ned mot marken vilket skapar en bekvämare miljö för fotgängare än vad traditionella byggnader gör (Kolarevic, 2005).



Fig.15: St Andrew Undershaft and the Gherkin av Dun.can ([CC BY 2.0](#)) Swiss Re tower, London



03

Parametrisk Design

En introduktion

I det föregående kapitlet har olika aspekter av den parametriska designens kontext beskrivits. Sektionen och centralperspektivet visade sig vara verktyg och tekniker som vuxit fram allt eftersom ett behov av dem uppstått hos arkitekter och har idag blivit självklara inom arkitekturen. I det sammanhanget ställs frågan om parametrisk design ska ses som en teknik, ett verktyg precis som andra? I det här kapitlet ges en första förklaring av vad parametrisk design är och kan vara genom att både teoretiskt och praktiskt ge exempel på vad det innebär. I en förhoppning om att bättre förklara ges dessutom en kort summering av de programvaror som används

3.1 Tolkningar av parametrisk design

Parametrisk design som begrepp rymmer olika metoder, förhållningssätt och teorier. Att undersöka potentialen i digitala tekniker innebär att bekanta sig med nya arbetsflöden, nya designprocesser och ett nytt språk (Wallis & Rahmann, 2016). Det kan vara förvirrande till en början men förståelsen för begreppet parametrisk design kommer bli tydligare allteftersom uppsatsen undersöker det noggrannare. Innan vi gör en tolkning av begreppet följer här en genomgång av hur kunniga personer inom ämnet diskuterar det. I ett parametriskt förhållningssätt till design är modellen den huvudsakliga platsen för design och det är genom den som analys, genereringar och simuleringar kan testas (Wallis & Rahmann, 2016).

Hemsidan Arch2o.com har som mål att fungera som en internationell plattform för arkitektur och ämnen relaterade till det (Abdelhady, 2017). De skriver i en artikel om parametrisk design att parametrarna är ramar, begränsningar, geometriska enheters form och storlek och relationen däremellan. Parametrarna är med och avgör ramverket och formen genom algoritmiskt genererande (Pandit, u.å.)

Patrik Schumacher är praktiserande och undervisande arkitekt och partner på Zaha Hadid Architects (Zaha Hadid Architects, u.å.). Han har uttryckt sig på ett liknande sätt där han menar att parametrisk design är ett datorbaserat förhållningssätt till design. Vinklar, dimensioner och geometriska enheter behandlas som variabler och är formbara genom hela designprocessen. Han menar att nyckeln i parametrisk design ligger i formbarheten snarare än i den tillfälliga formen. Designen ligger således i relationerna mellan olika arkitekturelement snarare än i dess bestämda och tillfälliga form (Schumacher, 2016). Vidare argumenterar han för att i princip

varje enhet i varje element eller anläggning är möjlig att justera genom parametrisk variation. I huvudsak görs det genom skript som etablerar samband mellan egenskaper i varje element (Schumacher, 2010).

I sin doktorsavhandling förklarar Roland Hudsons hur han vill att parametrisk design ska förstås. Han menar att det är processen att ta fram en datormodell eller en förklaring till ett designproblem. Relationer mellan objekt kontrolleras av variabler. Förändringar i variablerna resulterar i alternativa modeller. Ett val av en lösning är sen baserad på kriterier som kan vara relaterade till ”performance”, underlättandet för konstruktion, budgetkrav, användarbehov, estetik eller en kombination av dessa (Hudson, 2010).

Robert Woodbury är en arkitekt, universitetslärare, professor, och författare. Hans huvudområden är bland andra computational design och parametrisk modellering. Han är författaren till över 150 publikationer där boken *Elements of Parametric Design* (2010) kan vara den mest kända (Simon Fraser University, u.å.) (GRAND NCE, u.å.). I den förklarar han skillnaden mellan konventionell design och parametrisk design på ett förenklat sätt. Formgivare arbetar vanligtvis med penna, papper och suddgummi. Pennan adderar tecken och suddgummit raderar dem. Parametriskt modellerande introducerar en fundamental förändring. Designens delar är relaterade till varandra och förändras tillsammans på ett koordinerat sätt. Formgivare kan inte längre bara lägga till och ta bort, nu måste de addera, radera, relatera och reparera (Woodbury, 2010)

Daniel Davis, fil.Dr i Computational Design, forskare och arkitekturskribent (Davis, 2018) menar att det inte är parametrarna i sig själva som är speciella för parametrisk design. Han menar att alla gestaltningar har parametrar. Istället är det hur de förhåller sig till resultatet genom precisa funktioner som gör parametrisk design speciell (Wallis & Rahmann, 2016)

Jonas Runberger, Tekn.Dr, och aktiv i praktik, forskning och undervisning (Chalmers Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik), förklarar avslutningsvis begreppet ”Parametrisk design” i en av hans många publikationer, boken *Arkitekters verktyg* (2012), som en modell som hanterar parametrar där en förändring i parametrarna förändrar modellen. Han understryker att det innefattar både de mest grundläggande funktionerna i en objektbaserad digital modell, vilket är en förutsättning i 3D-projektering och BIM men också en mer avancerad version. Där omfattar det en helt ny arbetsprocess och är en modell med inbyggda beroenden och relationer

mellan olika komponenter.

"(...) De ingående parametrarna, eller modellens variabler, kan styras genom direkt numerisk kontroll, genom data från andra applikationer (exempelvis analysprogramvara) eller genom input från andra delar av modellen."

(Runberger, 2012, pp. 147-148)

En bearbetning av alla dessa förklaringar har lett till att vi i den här uppsatsen tolkar parametrisk design som ett förhållningssätt till design där parametrar styrs och kontrolleras i huvudsak genom kodning, skriptning, numerisk kontroll och visuell kodning. De kan användas för att bestämma ramar och begränsningar i en design. Eller för att mer precist kontrollera geometriska enheters form, storlek, dimensionering och inte minst relationerna däremellan. Kärnan i parametrisk design är att gestaltningens delar är relaterade till varandra, förändras på ett koordinerat sätt och är justerbara genom hela processen.

3.2 Programvaran som används

Grunden i ett parametriskt förhållningssätt till design karaktäriseras av användandet av algoritmer i den formskapande processen (Wallis & Rahmann, 2016). Det nämndes redan på sida 7 att några av de program som till vardags används av landskapsarkitekter, till exempel Illustrator, är parametriska eftersom det i dem till exempel går att numeriskt kontrollera geometrier. De matematiska ekvationerna finns i olika stor uträkning i de flesta mjukvaruprogrammen som kan uttrycka funktioner¹. Det är dock inte dessa program vi syftar på när vi diskuterar parametrisk modellering. Istället är det de program som tillåter programmering och visuell programmering. På senare år har program som Grasshopper, Dynamo och Generative Components gjort det möjligt för bland annat arkitekter att använda parametriska verktyg genom visuell programmering utan att ha bredare programmeringskunskaper¹.

I arbetet med uppsatsen har både Grasshopper och Dynamo testats för att undersöka parametriskt modellerande. Den största skillnaden mellan Grasshopper, vilket är ett plug-in program till 3D-programmet Rhino, och Dynamo som är ett plug-in program till 3D- och BIM-programmet Revit, är grundprogrammen som de används tillsammans med. Värt att nämna är också att Grasshopper har funnits

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

längre på marknaden, vilket medför att användandet av det är mer utbrett och mängden tilläggsfunktioner större¹. Efter att ha testat båda programvarorna valde vi att enbart gå vidare med Grasshopper. Uppsatsen syftar dock inte till att utvärdera dessa program.

Beslutet att göra undersökningar med hjälp av Grasshopper grundades i att Rhino i jämförelse med Revit upplevdes friare och enklare att arbeta i för den med tidigare kunskaper i klassiska CAD-program såsom Autocad. Grasshopper upplevdes också vara en enklare “ingångsport” till parametriskt modellerande då mängden tutorials och instruktioner på internet var större.

3.3 Ett parametriskt exempel

Litteraturstudien har visat att det är ganska svårt att närmare förklara vad parametrisk design är eftersom det kan skilja sig mycket beroende på vilket projekt det är. Precis som den konventionella designprocessen ser olika ut så skiljer sig parametriskt modellerande åt beroende på hur, när och var det används. Vi ansåg det därför nödvändigt att använda exempel för att bättre förklara vad parametrisk design är och hur det kan användas. Tillämpningar är gjorda både för att öka läsarens och vår egen förståelse för parametrisk design. Robert Woodbury skriver i boken *Elements of parametric design* (2010):

“If you are a student learning parametric design, your aim is the practitioner’s craft. Everything relevant to the practitioner applies to you too. Design can only be learned by doing. (...) you need to understand how parametric systems work; how their structure makes them perform and how people have used and are using them to do design.”

(Woodbury, 2010, pp. 8-9)

Enligt Woodbury (2010) blir det praktiska alltså en viktig del i förståelsen av parametrisk design, något som även vi har upptäckt under arbetet med uppsatsen. Förhoppningen är därför att de exempel som vi gjort kan hjälpa läsaren till en bättre förståelse av ämnet. På nästa sida visas ett exempel av en parametrisk modell. Det har skapats i 3D-modelleringsprogrammet Rhino samt Grasshopper. Hansen (2011) menar att denna typ av mönster blivit allt vanligare inom landskapsarkitekturen som en följd av parametrisk design. Mönstret består av markbeläggningsstenar i två olika

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

kulörer som blandas slumpmässigt, men kontrolleras av hur stor andel procent av stenarna som ska ha en viss kulör.

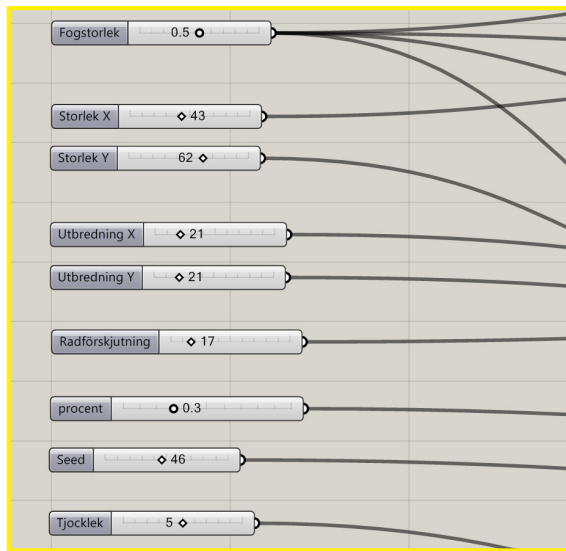


Fig.16 Parametrarna som styr mönstret. Tack vare att vi byggt upp ett parametriskt system så kan vi genom att dra i en "slider" förändra hela gestaltningen.

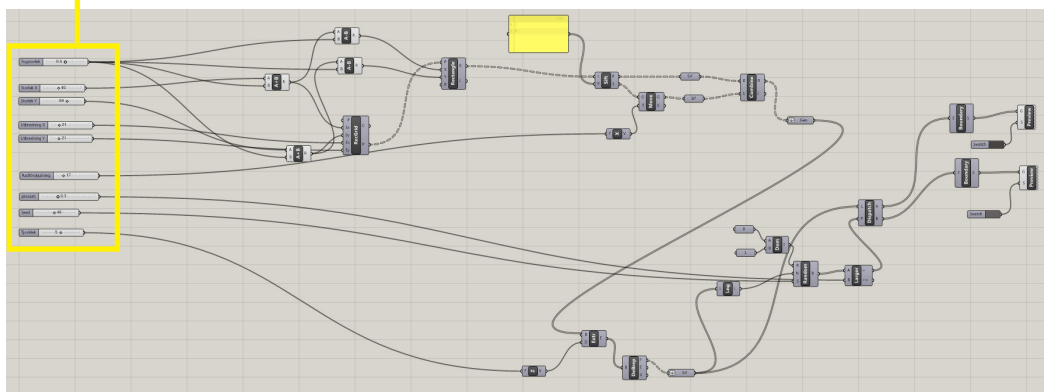


Fig.17 Hela skriptet i "Grasshopper" som bygger upp mönstret. Uppbyggandet av skriptet är i detta fallet själva modellerandet.

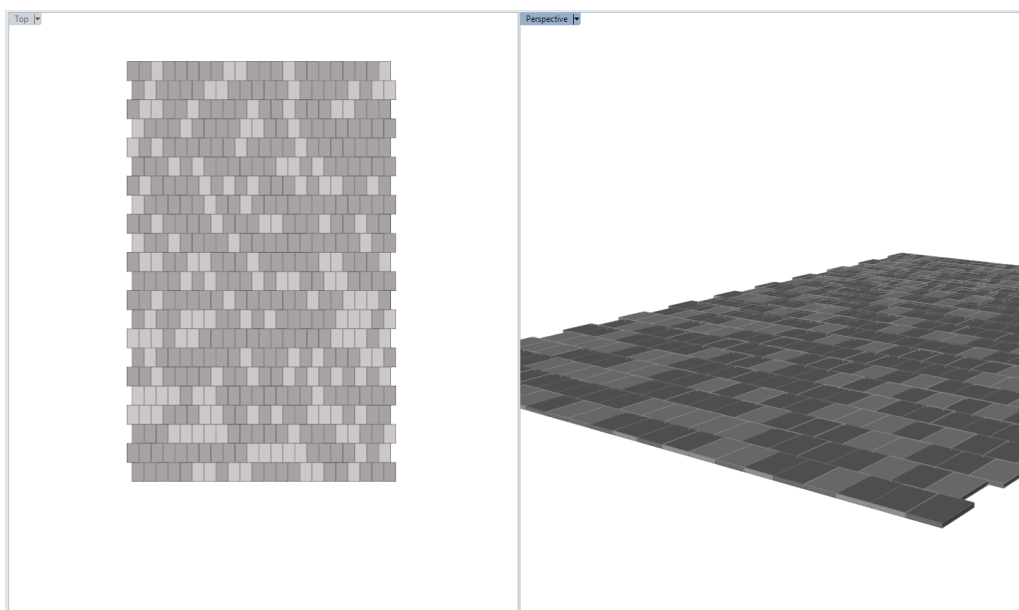


Fig.18 Skriptet i Grasshopper resulterar i en 3D-modell som visas i Rhino

På den föregående sidan visas det skript som gjorts i programmet Grasshopper för att skapa mönstret. I skriptet finns en rad olika parametrar som kontrollerar markbeläggningsmönstret. Exempel på dessa är storleken och tjockleken på stenarna, storleken på fogarna mellan stenarna, radförskjutningen, andelen stenar av en viss kulör och mönstrets totala utbredning. Det är formgivaren som själv beslutar vilka parametrar som ska ingå, hur de ska relatera till varandra och hur de ska se ut. Det här innebär att formgivaren på förhand måste tänka igenom vilka parametrar som ska vara fasta och vilka som ska kunna förändras.

Genom att dra i någon av parametrarnas ”slider” kan parametern enkelt ändras. Görs detta så förändras hela mönstret efter ”sliderns” nya värde och modellen uppdateras automatiskt, utan att någonting behöver ritas om eller suddas ut.

I bilden nedan ser vi att parametrarna för storleken på plattorna, tjockleken och procenten stenar med ljus kulör har förändrats. Modellen som visar mönstret i Rhino förändras då automatiskt i enlighet med detta.

Innan parametrarna förändras

Efter att parametrarna förändrats

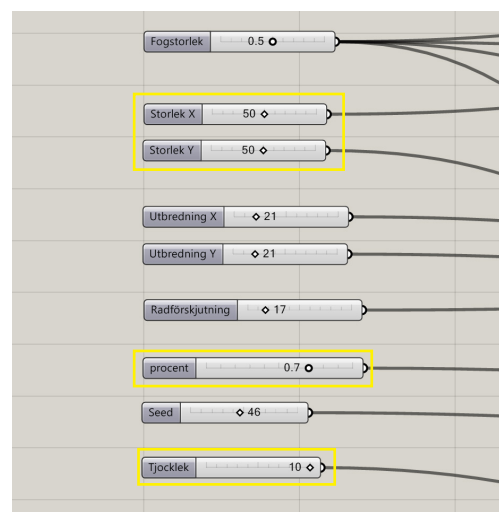
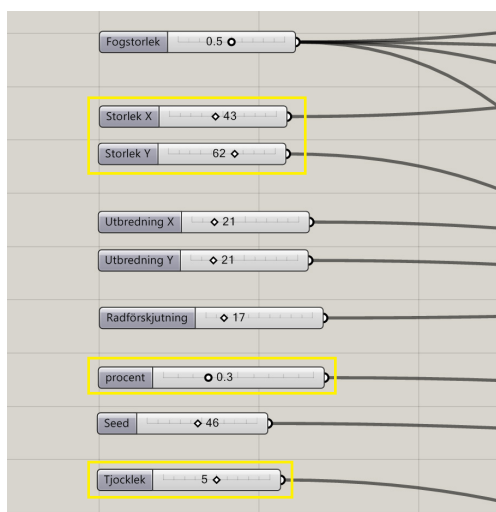
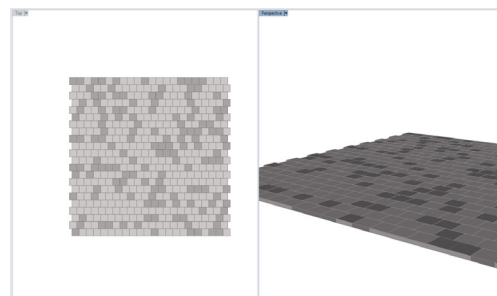
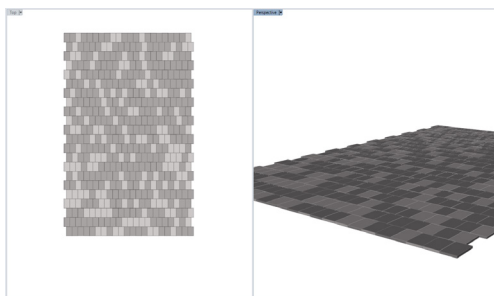


Fig.19 Ändring av parametrar

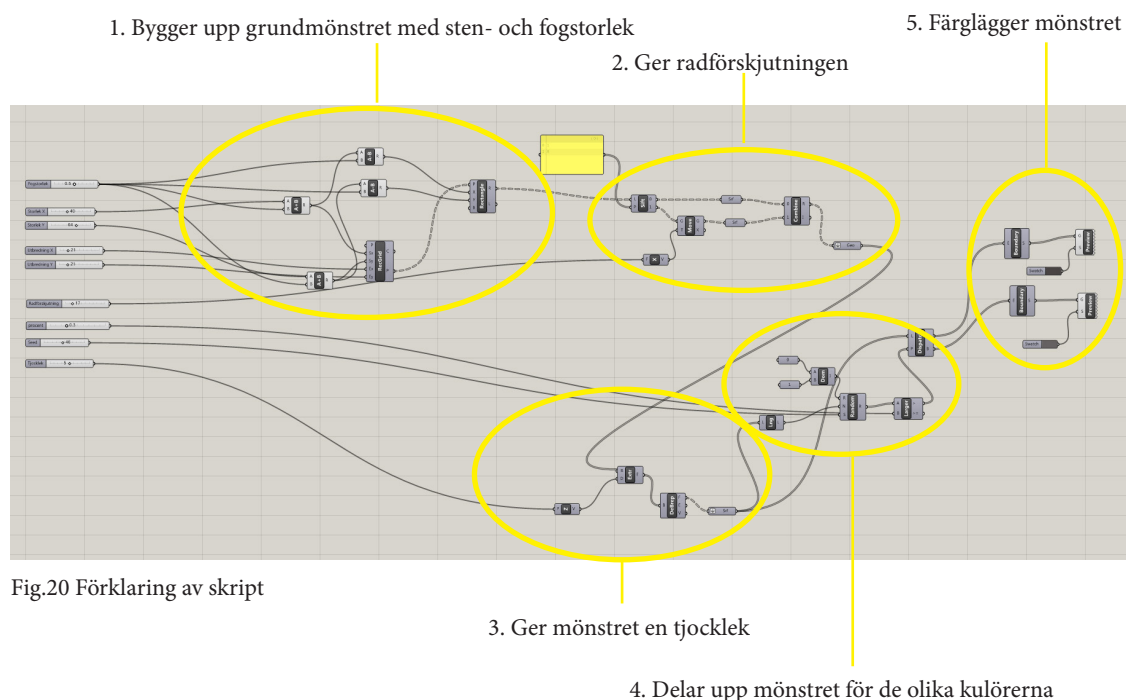


Fig.20 Förklaring av skript

Bilden som visas ovan kan förhoppningsvis ge en inblick i hur ett skript av den här typen byggs upp. Även om det kan se rörigt ut för den som inte är van vid denna typen av program så följer det en ganska strikt logik och kan kanske närmast liknas vid ett kopplingsschema.

Exemplet som visats skulle kunna vara användbart i projekt där till exempel ett torg eller en gågata ska ritas. Styrkan i att rita markbeläggningen parametriskt skulle då vara att ett stort antal variationer av hur mönstret skulle kunna se ut kan testas på ett enkelt och flexibelt sätt genom hela designprocessen. För att förtydliga detta visas det på följande sidor hur markbeläggningsmönstret skulle kunna tillämpas på en del av gågatan "Södra förstadsgatan" i Malmö. Exemplet har tagit avstamp i en tutorial från hemsidan "generativelandscapes.wordpress.com". Det kan liknas vid den markläggning som finns på gatan "Købmagergade" i Köpenhamn. Detta ska inte ses som ett designförslag utan endast som ett exempel på hur tekniken kan användas.

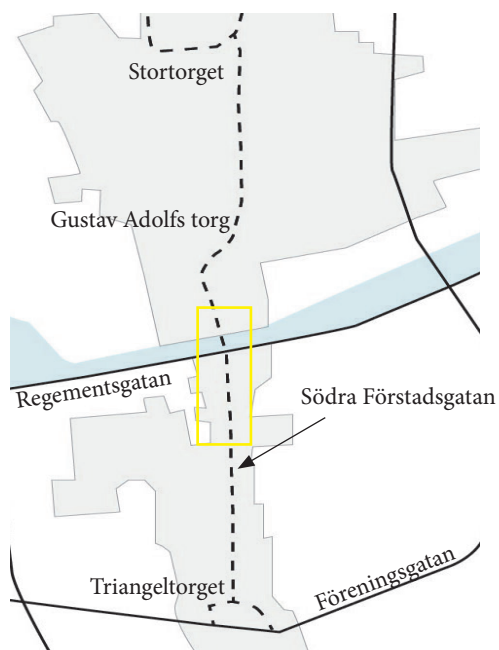


Fig.21 Situationsplan Södra förstadsgratan

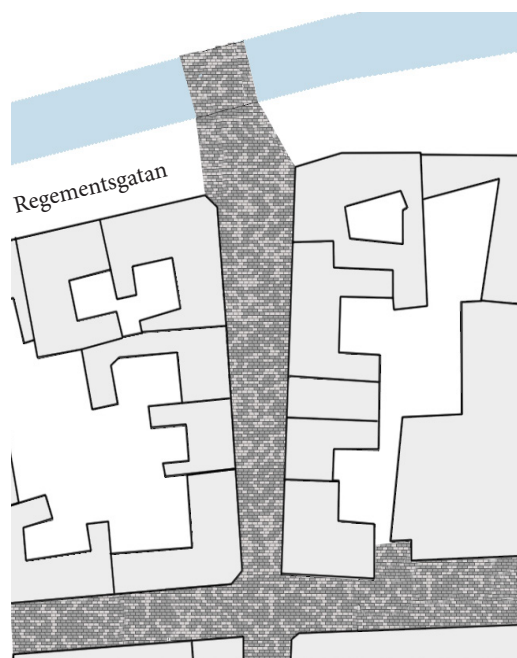


Fig.22 Illustrerat utsnitt av Södra förstadsgratan 10m

De omkringliggande bygganderna och de andra gränserna för mönstret har ritats ”manuellt” i Rhino och markbeläggningen har sedan klippts mot dessa gränser. Gränserna kunde lika gärna ha kommit från ett valigt CAD underlag, vilket betyder att parametrisk design enkelt kan kombineras med mer konventionella metoder.

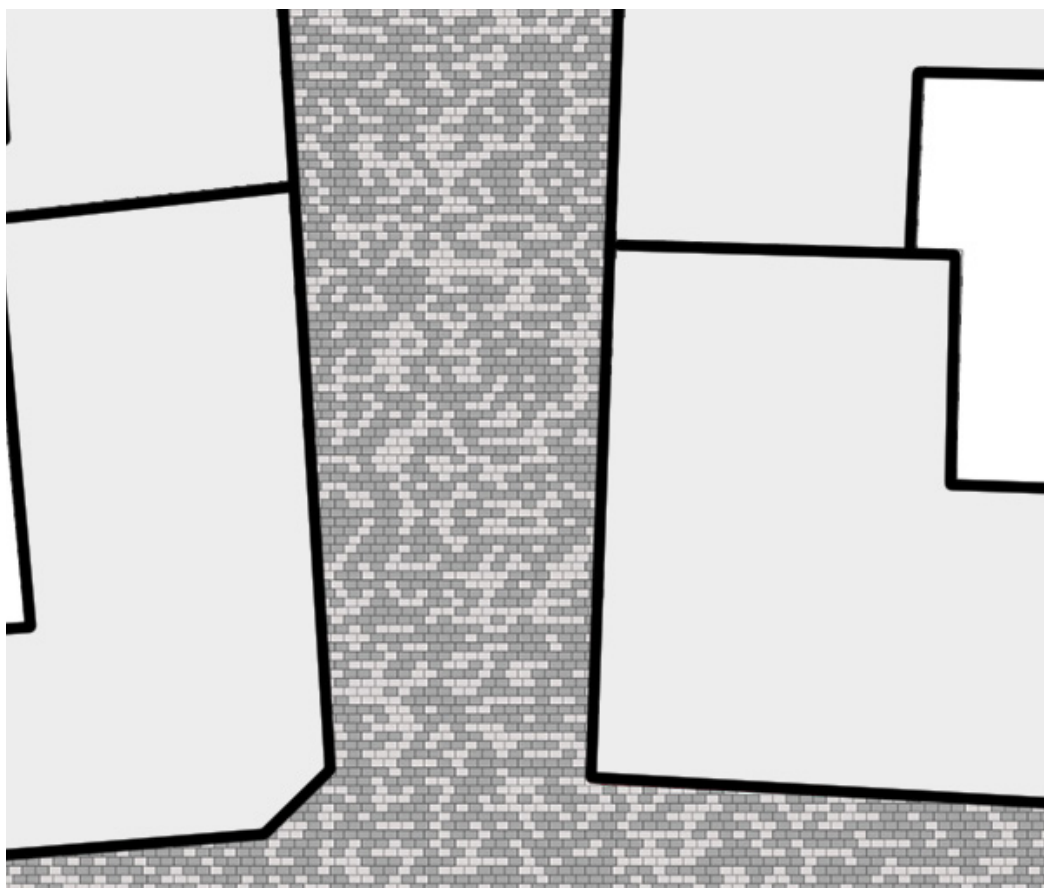


Fig.23 Inzoomning av förslag med två olika markbeläggningsskolorer

Mönstret har här vidareutvecklats och ytterligare två stenkulörer har lagts till. Vidare har så kallade "Attractor points" använts. Dessa fungerar som magneter och har här använts för att dra till sig de två mörkare kulörerna av stenarna i vägkorsningar. Något som i ett gestaltningsförslag kanske skulle kunna användas för att skapa en rytm och för att markera att något händer längs vägen. I skriptet kunde vi till exempel bestämma hur stark dragningskraft våra "attractor points" skulle ha och därmed bestämma de mörkare stanarnas utberdning.

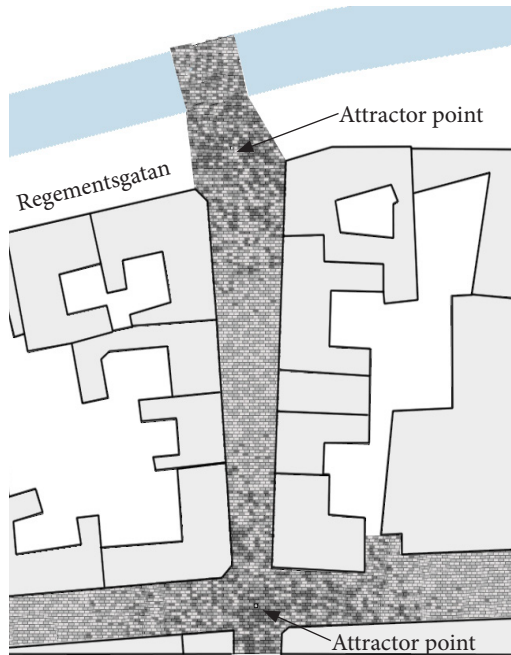
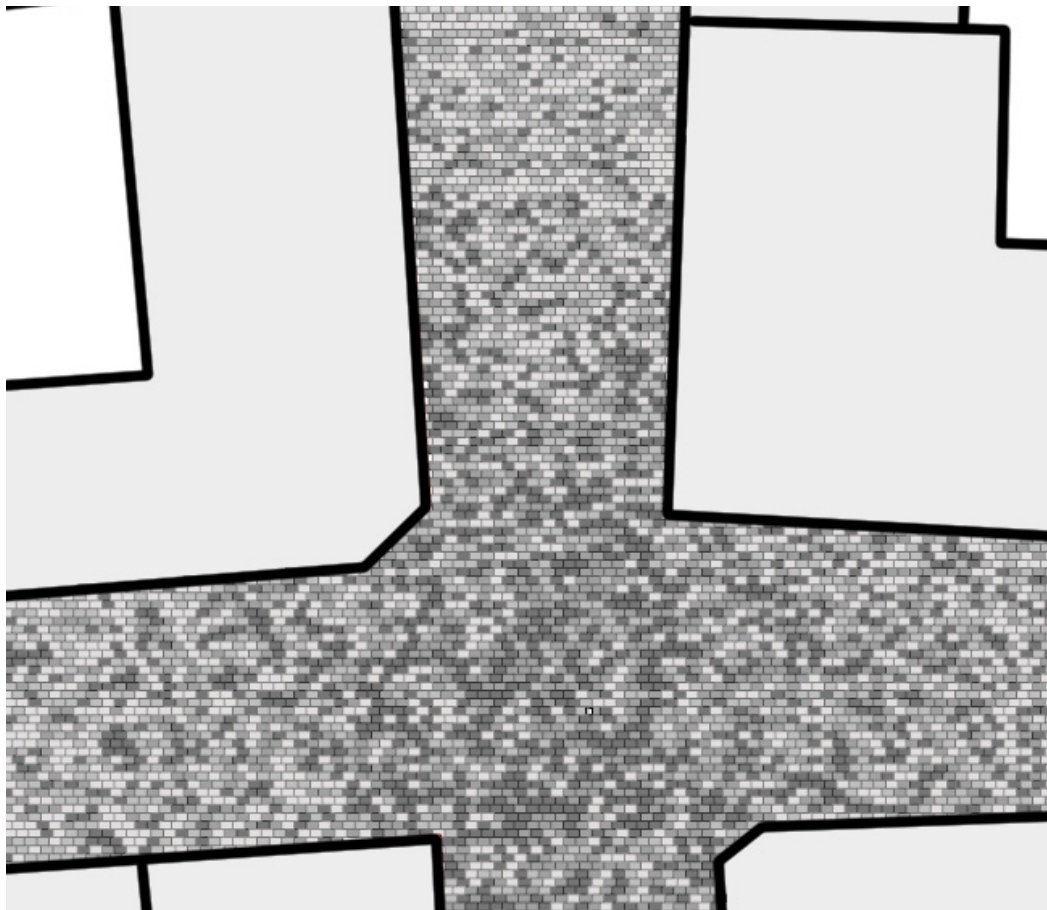


Fig.24 Markbeläggning med "Attractor points" 10m ↑N

Fig.25 Inzoomning av förslag med fyra olika markbeläggningkulörer och "attractor points"



10m

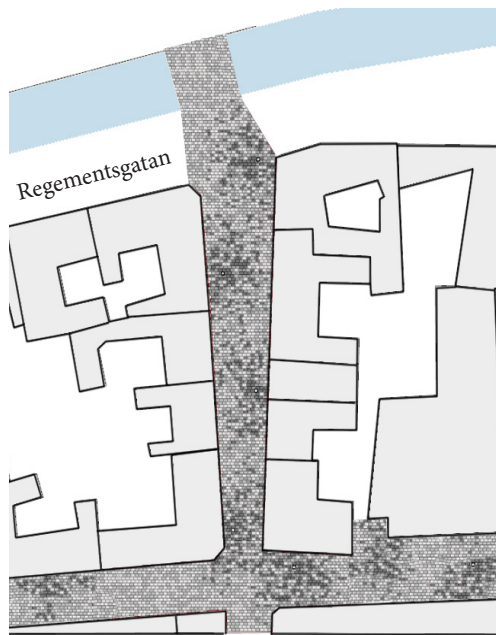


Fig.26 Fler "Attractor points"

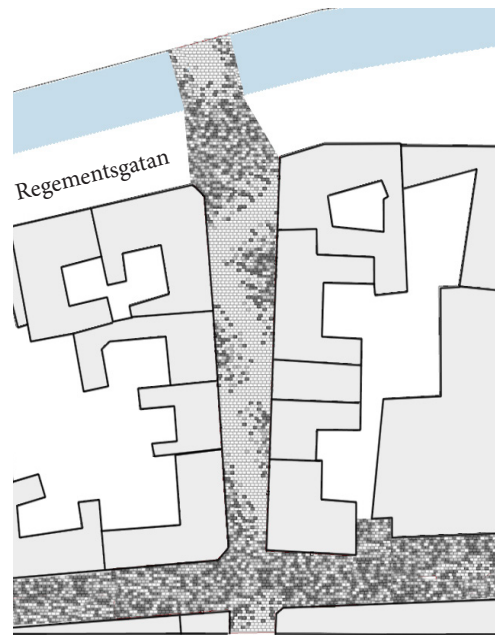


Fig.27 Mönster med "Attractor curve"

Ovan har ytterligare varianter av mönstret testats. I den vänstra bilden har ytterligare några "attractor points" lagts till och deras dragningskraft har ökats något.

Koncentrationen av mörka stenar skulle till exempel kunna markera viktiga entréer i byggnaderna. I den högra bilden har istället en sick-sackande linje, en så kallad "attractor curve" använts i samma syfte. Antalet kulörer på stenarna har minskats till tre olika och linjen drar till sig den ljusaste stenen utan inblandning av andra kulörer.

På det här sättet kan olika alternativ på ett enkelt sätt testas, justeras och vidareutvecklas genom hela designprocessen. Både det totala antalet stenar av en viss kulör och den procentuella blandningen av stenarna är ren data som enkelt kan utvinnas ur skriptet när ett önskvärt mönster har hittats. Vilket kan tänkas underlätta skapandet av bygghandlingar. På nästa sida kan det slutliga skriptet för mönstret ses.



04

Parametrisk Design

En fördjupning

De tolkningar och exempel på parametrisk design som gjordes i det förra kapitlet försöker på ett kortfattat sätt förklara parametrisk design. Möjligen blir de mer logiska först efter att ämnet blivit mer bekant. I det här kapitlet hoppas vi ytterligare kunna bekanta läsaren med parametrisk design. Det görs genom att inledningsvis ge olika exempel på vad en parameter kan vara för något. Därefter diskuteras parametrisk design och dess fördelar, brister och potential, inte minst genom att förklara några skillnader mellan en parametrisk och en konventionell designprocess. Innan kapitlet avslutas diskuteras det vissa kallar nästa arkitekturepok, "Parametricismen". I relation till det diskuteras de avancerade formerna som parametriskt modellerande ofta resulterar i. Måste parametrisk design se ut på ett visst sätt och blir verkligen alla projekt bättre av det?

4.1

Vad är en parameter?

Ett sätt att kategorisera parametrarna som används i parametrisk design görs av Jabi, et al. (2017). De delar in parametrar i kategorier som får en hierarkisk ordning. Ordningen bestäms av hur de olika kategorierna är beroende av varandra. De "självständigare" kategorierna hamnar i botten och de mer komplexa kategorierna, som bygger på de tidigare kategorier, hamnar högre upp. Enligt Jabi et.al (2017) kräver varje kategori som kommer att presenteras egentligen längre analyser och egna vetenskapliga undersökningar för att fullt förklaras och förstås. Följande indelningar kan dock fungera som en generell och övergripande vägledning i att förstå vilka typer av parametrar som kan användas. Eftersom olika projekt ser olika ut är det svårt att vara mer specifik när "parametrar" diskuteras i generella termer.

1. Matematiska parametrar

Den mest grundläggande kategorin av parametrar. Används för att etablera numeriska förhållanden och med hjälp av matematiska koncept beräkna de övriga kategorierna av parametrar. Ett enkelt exempel på ett numeriska förhållande kan vara hur sidorna X och Y på en rektangel förhåller sig till varandra, till exempel $X=1$, $Y=X+2$. I detta exempel ser det numeriska förhållandet till att sidan Y alltid kommer förändras och vara "2" större än X , oavsett hur X förändras.

2. Geometriska parametrar

Geometriska parametrar används för att skapa geometriska former i den

parametriska modellen och som vi sett kan de till exempel byggas och styras av de matematiska parametrarna.

3. Topologiska parametrar

Dessa beskriver hur olika delar i modellen förhåller sig till varandra. Vilket till exempel kan vara hur två geometriska formers placering förhåller sig till varandra.

4. "Proxy"/ Föreställande parametrar

Dessa parametrarna används som inhoppare/symboler för andra, mer komplexa parametrar. Användandet av "proxyparametrar" tillåter en abstraktion av representationen i en modell som tillåter att en hög komplexitet kan undvikas, samtidigt som det kan tillåta utredandet av mer detaljerad information. Till exempel kan en komplex modell av ett träd ersättas med en enkel symbol för ett träd för att programmet inte ska bli överbelastat.

5. Materiella parametrar

De materiella parametrarna används för att simulera beteendet av specifika material. Till exempel hur mycket en plywoodskiva kan böjas innan den bryts av.

6. Miljömässiga parametrar

Dessa används för att representera och simulera den fysiska miljön på en plats. Vilket till exempel kan vara hur sol, vind eller vatten beter- och rör sig.

7. Mänskliga parametrar

De mänskliga parametrarna anses vara de mest komplexa och svåraste parametrarna att använda. I teorin används de för att simulera mänskligt beteende och beslutsfattande. Jonas Runberger förtydligar detta och säger att genom till exempel agentbaserade system kan man få en uppfattning om hur människor kommer att röra sig över en plats. Denna typ av teknik används bland annat i filmindustrin när stora folkmassor på till exempel ett slagfält ska animeras¹.

I exemplet med markbeläggningen som presenterades i det tidigare kapitlet användes matematiska, geometriska och topologiska parametrar.

¹ Intervju men Jonas Runberger den 23 Mars 2018

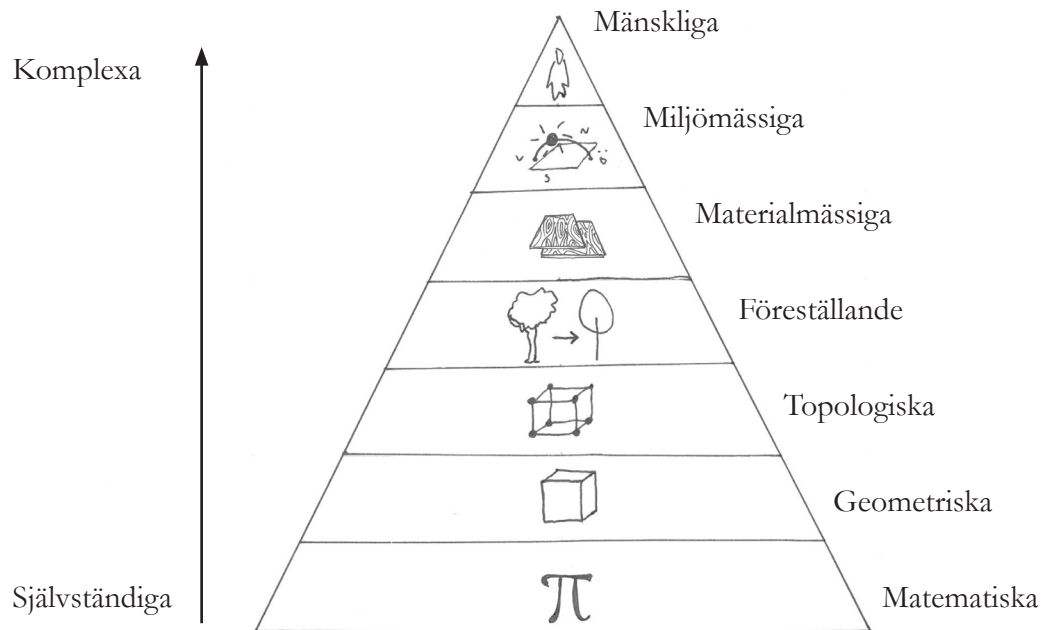


Fig.28 Kategorisering av parametrar i hierarkisk ordning

4.2 Vad tillför parametrisk design?

Parametrisk design gör det möjligt att utnyttja den stadigt växande och varierande mängden data. Det är ett digitalt förhållningssätt till design som utnyttjar avancerad teknik och datorers kraft i skapandet och sökandet efter form. Det är skapandet och upprätthållandet av de tydliga förhållandena i en parametrisk modell som särskiljer den från andra designmetoder (Davis, 2013). Varje gång något förändras så förändras även allt som är relaterat till det. Parametriskt modellerande är inte nödvändigtvis en helt ny designprocess, men den kan innebära en förändring av den konventionella designprocessen och det skiftar fokus från komposition och form som ett resultat till utformningsprocessen och understryker snarare relationer än kompositionen. Wallis och Rahmann (2016) uttrycker sig såhär:

"In parametric modelling the importance of composition or geometries is replaced by the declaration of specific parameters or rules which become foundational to design outcome. This design approach shifts the focus from form as outcome to processes of formation, emphasizing relationships over composition."

(Wallis & Rahmann, 2016, p. xxviii)

I artikeln *Thinking parametric design: Introducing parametric Gaudí* beskriver Barrios Hernandez och Carlos Roberto parametrisk design som en designmiljö där det är enkelt och smidigt att skapa flera olika designvariationer. I designprocessen ersätts då singularitet med mångfald. Det har sagts tidigare, men för att arbeta med parametrisk design krävs en parametrisk modell, vilken är en digital representation av en design. De geometriska enheterna i den parametriska modellen har egenskaper som antingen är fasta eller tillåts variera. I den parametriska modellen kan formgivaren ändra på parametrarna för att testa olika designvariationer. Modellen svarar på ändringarna i parametrarna genom att anpassa och omforma sig, utan att suddas ut eller rita om något (Hernandez & Roberto, 2006). Ett exempel på detta kan ses i tillämpningen tidigare i uppsatsen. Enligt Jabi et al. (2017) gör ett parametriskt designsystem det möjligt att på ett tydligt, upprepnings- och kommunicerbart sätt beskriva relationen mellan intentionerna för designen och det slutliga resultatet. Intentionerna blir tydliga eftersom formgivaren använder givna parametrar för att definiera en form. Formgivaren måste från början förutse vilka typer av variationer hen vill göra för att kunna bygga upp en flexibel modell som kan utföra de önskade variationerna. (Hernandez & Roberto, 2006). Markbeläggningsexemplet som gjordes tidigare kan användas som exempel igen. Där fick vi till exempel på förhand bestämma att alla markläggningsstenar skulle ha en inbördes relation där stenarna hela tiden skulle vara lika stora och att fogstorleken skulle vara densamma överallt. Samtidigt ville vi behålla flexibiliteten i att kunna förändra stenarnas bredd och höjd (den inbördes relationen behölls genom att alla stenar förändrades på samma sätt, det vill säga förändrades storleken på en sten så förändrades alla andra på samma sätt). Även andra parametrars variationer fick betänkas på förhand, ”skulle det vara fasta egenskaper eller tillåts de variera”. Se gärna “Ett parametriskt exempel” igen.

Robert Aish, forskare och programutvecklare vid Autodesk, förklarar i en intervju med Jonas Runberger (2012) vad som skiljer associativ (parametrisk) modellering och direkt (konventionell) modellering åt. Aish jämför direkt modellering med ett ordbehandlingsprogram där det är möjligt att direkt ändra allt som skrivs, vilket kan vara vad som helst. Associativ modellering liknar Aish istället vid ett kalkylprogram där den som använder programmet måste definiera vilka celler som ska innehålla indata, vilka som ska innehålla resultatet och vilka funktioner som ska ske däremellan. När detta väl är definierat i kalkylprogrammet kan olika resultat testas baserat på vilken indata som anges. Formgivaren måste ha en förståelse för att hen inte manuellt kan redigera det som står i resultatcellerna, utan att det är indata och funktionerna som ger resultatet. Aish menar att en arkitekt som arbetar med associativ modellering kan utforska olika lösningar på ett bättre sätt än den som arbetar med direkt

modellering. Detta innebär också en förändring i arbetsprocessen:

"Jämfört med direkt modellering ersätter en arkitekt som arbetar med associativ modellering manuellt arbete (i form av intensiv användarinteraktion) med intellektuellt arbete (som krävs för att tydligt beskriva designlogiken). Fördelen med associativ modellering ligger både i minskningen av manuellt arbete under bearbetningen av modellen och i möjligheten att hantera förfinad design som ligger bortom den direkta modelleringen."

(Aish i Runberger, 2012, p. 54)

Med användandet av parametrisk design blir förståelsen för arbetsflöden viktig, med fler parametrar som läggs till i ett skript eller parametrisk modell ökar dess komplexitet. Varje parameter som läggs till måste hanteras så att de inte kommer i konflikt med andra parametrar. I vissa fall kan det därför vara bättre att arbeta med en parameter åt gången. Detta kräver att formgivaren förstår modelleringsprocessen och gör medvetna val efter vilka intentioner hen har med designen (Wallis & Rahmann, 2016).

Woodbury (2010) förklarar en skillnad mellan konventionella designverktyg och de parametriska och belyser en av de stora fördelarna med parametrisk modellering. Han menar att med konventionella designverktyg är det enkelt att skapa den initiala modellen. Formgivaren ritar och lägger till delar. Men att sedan ändra en design är mer komplicerat. Det kan innebära att många andra delar också behöver justeras, vilket görs manuellt. Det kan snabbt bli ett väldigt stort arbete att ändra en design, vilket är en begränsning i utforskandet av designalternativ. Med parametrisk modellering skapar inte formgivaren designlösningen genom direkt manipulation. Istället skapar hen förhållanden för hur olika delar relaterar till varandra. Designen byggs upp med hjälp av förhållanden och redigeras genom att förhållanden ändras och ändringarna observeras. Systemet ser till att designen hålls samman i enlighet med de förhållanden som satts upp och inom de förhållandena blir formgivaren fri att testa olika idéer och variationer (Woodbury, 2010). Skillnaden med denna förändring i förhållningssättet till designen kan dock anses vara att det från början kräver att formgivaren tar ett steg tillbaka från att aktivt designa till att istället fokusera på logiken som binder designen samman. Att definiera förhållanden och sätta upp parametrar kräver ett komplext sätt att tänka som kan vara nytt för arkitekter (ibid.).

Kritik har riktats mot parametrisk design för att det tar bort formgivarens kreativa och intuitiva påverkan på gestaltningen. Det är något som både kan hända och faktiskt händer. Det kan dock argumenteras för att det främst beror på en oerfarenhet i att tänka parametriskt (Jabi, et al., 2017). Ett vanligt missförstånd när det gäller parametrisk design är att formgivaren överlämnar kontrollen och låter datorn generera en design. Kapaciteten i parametriska datorprogram att generera former är dock djupt beroende av formgivarens perceptuella och kognitiva förmåga. Formgivaren blir i grunden en redaktör för det parametriska systemets förmåga att generera lösningar, vilka då drivs av dennes estetiska, rumsliga och formbildande kunskaper (Wallis & Rahmann, 2016). Det är i detta sammanhang också viktigt att poängtera att designen inte överläts åt genererande datorer utan fortfarande ligger i formgivarens domän (ibid.).

Hur det parametriska modellerandet går till kan vara skillnaden på olika designprocesser. Runberger¹ menar att parametrisk design inte ska ses som något som görs vid sidan av formskapandet, vid sidan av arkitekturen. Istället ska det ses som en integrerad del av en arkitekts arbete, som en logisk utveckling av professionen. Precis som det visats tidigare i uppsatsen, att till exempel sektionen och centralperspektivet en gång i tiden var nya ”tekniker” som möjliggjorde nya sätt att gestalta- och undersöka på, så kan computational design idag ses som en ny teknik som kan komma att bli en självklar del av en arkitekts vardag i framtiden¹. Det innebär en designprocess som inte nödvändigtvis behöver skilja sig så mycket från den konventionella. Att etablera regler och förhållanden i en design blir ett grepp att ta till när det anses nödvändigt, precis som sektionen, perspektivet eller axonometrin idag är tekniker som kan användas i olika syften. Jonas Runberger¹ menar bestämt att det inte finns något motsatsförhållande mellan parametrisk design och skissandet med penna och papper. Olika tekniker är bra på olika saker menar han. Det gör det möjligt att i en designprocess blanda tekniker och använda parametrisk design tillsammans med konventionella tekniker. Vi kommer i kapitlet ”Parametrisk design & landskapsarkitektur - Hur ser det ut idag?” återkomma till det här, det verkar finnas olika förhållningssätt till parametrisk design där detta är ett av dem.

I en intervju av Henning Eklund i tidningen Arkitekten (2018) svarar Sweco Architects digitaliseringschef Anders Neregård om en framtid där mindre arkitektkontor på sex anställda kommer bestå av fem arkitekter och en programmerare. Han menar att det finns mycket i arkitekturprocessen som går att automatisera och att en automatisering är oundviklig. För att inte tappa kontrollen och makten över processerna menar han att det måste finnas ett nära samarbete med ingenjörer.

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

Det är inte möjligt att kontrollera slutresultatet om det inte finns någon kontroll över processen säger han. Jonas Runberger¹ menar att det är arkitekter själva som ska programmera när en arbetsuppgift kräver det och det menar han möjliggör för arkitekter att skapa specialanpassade verktyg för specifika uppgifter. Det finns en potential i att arkitekter själva blir verktygsmakarna menar han. Det kan göras genom att formgivaren skriver egen kod, eller med hjälp av program för visuell programmering. Woodbury (2010) menar att så även var fallet när han skrev boken *Elements of Parametric Design* 2010. Han menade att de flesta som ägnar sig åt parametrisk design saknar en formell utbildning inom programmering och kodning.

Barrio Hernandez och Carlo Robert (2006) argumenterar för att det finns flera fördelar med att arbeta i en parametrisk modell. Bland dessa nämner även de att en parametrisk modell ger möjligheten att ändra former utan att sudda ut eller rita om, vilket de menar tillåter en flexibilitet i utforskandet och finjusterandet av en design. Vidare säger de att parametrisk design ökar stringensen i designutvecklandet, då en bra uppbyggd parametrisk modell tillåter vissa typer av ändringar samtidigt som den begränsar andra. Slutligen nämner de att formgivaren som arbetar i en parametrisk modell får en direkt feedback då ändringar i parametrarna påverkar modellen.

Avslutningsvis ska det tas upp att parametrisk design ofta förknippas med en specifik stil. En av orsakerna till det kan vara att Patrik Schumacher under en relativt lång tid (sedan 2008) har argumenterat för att bygga, vad han kallar nästa arkitekturepok "Parametricismen", runt ett parametriskt förhållningssätt till design och arkitektur. Mer om det i nästa kapitel. Runberger¹ berättar för oss i en intervju att han nästan helt har slutat använda begreppet parametrisk design. Det beror delvis på den förvirring som kan uppstå till följd av att program som till vardags används av arkitekter, till exempel Illustrator, kan sägas vara parametriska (se gärna kapitlet "Programvaran som används", s. 27) och delvis på att begreppet har kommit att förknippas med ett speciellt utseende. Istället använder han "computational design". I kapitlet "Begreppsförklaringar", (s. 5-8) kan det läsas att det är ett bredare begrepp som innefattar i stort sett all typ av datorbaserade beräkningstekniker, inklusive parametrisk design. Jabi, et al. (2017) skriver i likhet med Runberger att parametrisk design ofta blir förknippad med ett visst utseende. Det innebär komplexa former och en viss typ av böljande arkitektur. I teorin är dock ett parametriskt tänkande och tillvägagångssätt fränkopplat från de stilar och former som det ofta förknippas med. Jabi, et al. (2017) menar att även till synes enkla och subtila geometriska former kan skapas med komplexa parametriska förhållanden, och tvärtom kan ett visst "typiskt" parametriskt utseende skapas med

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

konventionella 3D-metoder. Frazer (2016) använder liknande argument och menar att parametrisk design inte behöver leda till någon specifik stil överhuvudtaget, istället ser han det som ett effektivt sätt att flexibelt beskriva geometrier. Att parametrisk design kan uttrycka sig såväl i klassiska euklidiskt geometriska former som i komplexa böljande former är till sist även något som får stöd av Meredith, et al (2008) och Beatley (2011) i Paulsson (2017). I den här uppsatsen används begreppet parametrisk design i denna vidare bemärkelse och ska förstås som mer än ett speciellt utseende.



Fig.29 Heydar Aliyev Center av Aleksandr Zykov ([CC BY-SA 2.0](#))

Byggnad ritad av Zaha Hadid Architects, kanske ett typiskt parametriskt utseende?

4.3 Parametricismen - en ny arkitekturepok?

Det kan vara nyttigt för landskapsarkitekter att veta att det pågått en debatt om parametrisk design inom framförallt byggnadsarkitekturen under de senaste 20 åren. Patrik Schumacher är partner på Zaha Hadid Architects och har efter Zaha Hadids bortgång år 2016 tagit över. Han är en av de mest provocativa och högljudda förespråkarna för parametrisk modellering och menar att "parametricismen" är nästa stora arkitekturepok (Wallis & Rahmann, 2016) (Renn, 2018). Modernismens kris och fall efterlämnade en period av osäkert testande av olika kortlivade arkitekturstilar, menar Schumacher. Han syftar på dekonstruktivismen, postmodernismen och minimalismen och kallar dem för övergångsstilar snarare än för egna epokstilar. Han vill med införandet av parametricismen sätta stopp för det han kallar pluralism i

stilar och former (Schumacher, 2010). Den nya stilen ”parametricism” gör anspråk på att vara relevant för all arkitektur i alla skalor, såväl inomhus som utomhus och dessutom unikt utrustad att ta sig an ekologiska utmaningar genom adaptiva miljöparametrar. Han menar att stil som koncept har tappat sitt värde i dagens arkitekturdebatt och påpekar att konceptet om stil därför måste uppdateras för att vara relevant idag. I det hänseendet är tendensen att reducera stil till en fråga om enbart utseende eller till trender problematiskt.

”Although aesthetic appearance matters enormously in architecture and design, neither architecture as a whole nor its styles can be reduced to mere matters of appearance”

(Schumacher, 2010).

Han föreslår att arkitekturstilar bör ses som ”designinriktade forskningsprogram” på samma sätt som paradigmer utformar vetenskapliga forskningsprogram. På så sätt likställs en ny arkitekturstil med ett paradigmskifte inom vetenskapen som han menar omdefinierar syfte, mål, metoder och en kollektiv sammanhållen strävan. Som stil har därför parametricismen ambitioner, metodiska principer, mål, evalueringskriterier såväl som en karaktäristisk formell repertoar. Han påpekar att en stil är mer än användandet av vissa verktyg och tekniker samtidigt som han understryker att avancerade verktyg och tekniker inom computational design är basen i det här nya förhållningssättet gentemot arkitektur (Schumacher, 2010). Efter att fått utstå kritik publicerade Schumacher en text i försvar för parametricismen år 2016. Där skriver han bland annat att just de avancerade datorprogrammen kan vara den mest uppenbara fördelen som gör parametricismen överlägsen alla andra stilar. Det är nämligen den enda stil som fullt ut kan utnyttja den pågående revolutionen inom computational design som driver samhället framåt, hävdar Schumacher (2015). Med ny kapacitet ska parametricismen ta vid där dekonstruktivismen slutade och förbättra den genom att skapa mångfald inom ett sammanhållet, komplext system (Schumacher, 2010). Parametricism förutsätter att alla element inom arkitektur är parametriskt formbara. Istället för det klassiska och moderna sättet att förlita sig på ideal och solida geometriska former, t.ex. rektangeln, den raka linjen och cylindern så består de nya parametriska byggstenarna av dynamiska, levande, interagerande enheter som splines, subdivs och nurbs, vilket är olika sätt för datorn att räkna ut och beskriva kurvor och tredimensionella ytor. Trots parametricismens delade mål, värderingar och artistiska agenda (Schumacher, 2015) (Schumacher, 2010) (Schumacher, 2009) så menar han att monotoni och homogenisering inte är syftet. Tvärtom ska repetition och separation ersättas med ”continuous differentiation”.

Det är ett begrepp som härstammar från den franske filosofen Gilles Deleuze och hans definition av "smoothness". Greg Lynn lät sig sedan inspireras av Deleuze och tog fasta på detta begrepp som Patrik Schumacher därefter alltså har gjort till sitt eget (Wallis & Rahmann, 2016). Det innebär i Schumachers manifest att solida former och upprepning tillsammans med isolerade element ska undvikas till förmån för intelligenta, mjuka och differentierade former som hänger ihop genom att vara beroende av varandra. Han vill undvika det "visuella kaos" som han menar det postmodernistiska samhället har lämnat efter sig och menar att pluralismen av stilar och former ska ersättas av parametricismen. Den nya arkitekturstilen ska ta vid där dekonstruktivismen slutade och förbättra den genom att erbjuda differentiering inom en sammanhållen läsbar helhet (Schumacher, 2015) (Schumacher, 2010). I det manifest som Schumacher publicerade år 2008 finns det regler, eller önskvärda och icke-önskvärda egenskaper, för vad parametricismen ska innehålla, vilket han menar ska hindra arkitekter från att falla tillbaka i gamla mönster. Bland det som enligt honom ska undvikas återfinns till exempel räta linjer, räta vinklar, hörn och bekanta typologier. Exempel på det som ska användas är deformation, splines, morfning och skriptning istället för modellering (Schumacher, 2010).

Le Corbusier skrev i boken *Towards a new architecture* att det inte går att avgöra vilken arkitekturstil vi befinner oss i, utan att det är upp till eftervärlden att avgöra:

"Style is a unity of principle animating all the work of an epoch, the result of a state of mind which has its own special character. Our own epoch is determining, day by day, its own style. Our eyes, unhappily, are unable yet to discern it."

(LeCorbusier, 1986[1931], p. 87)

Det Le Corbusier säger kan användas som kritik till de som försöker definiera vilken arkitekturstil de befinner sig i. Många nutida arkitekter har riktat stark kritik mot Schumacher. Hans tal vid World Architecture Festival i Berlin 2016 behandlade inte paramtericismen men upprörde, milt sagt, många människor. Zaha Hadid Architects kände sig tvingade att öppna publicera ett brev där de tog avstånd från mycket av det som sades (Renn, 2018).

Vad som är viktigare i det här sammanhanget är att många kritiker även påpekar de formmässiga likheterna i byggnader som blivit till som en produkt av Schumachers sätt att se parametrisk modellering som en arkitekturstil (Wallis & Rahmann, 2016). Mario Carpo (2013) påpekar till exempel att det normala sättet att använda

parametricismen gör att realiserade projekt tenderar att se likadana ut, oavsett hur anpassade de sägs vara till sin specifika omgivning. Det menar han beror på de snäva ramarna innanför vilka parametricismens projekt tillåts vara varierade. Mario Carpos (2013) observation av slutprodukternas likheter kan vara en anledning till landskapsarkitekters motvillighet att engagera sig i parametrisk modellering eftersom det ses som mindre relevant i en designpraktik som är platsspecifik (Wallis & Rahmann, 2016).

Farshid Moussavi (2011) menar att bra arkitektur alltid har haft ett parametriskt tankesätt där kulturella, sociala och miljömässiga parametrar spelat en stor roll. Parametricismen, å andra sidan, menar hon gör sig av med hindren av externa parametrar och verkar för att skapa en självbestämmanderätt kring arkitektonisk form. Även om parametricismen har utlovat att vara en stil som erbjuder nya sätt att producera oväntade former och platser på menar Moussavi (2011) att alla projekt som skapats under parametricismens flagg har varit förutsägbara men med oförklarliga mjuka och böljande former, uppbyggda av små, gradvis förändrande enheter.

I det förra kapitlet argumenterar både Frazer (2016) och Jabi et.al (2017) för att parametrisk design inte behöver resultera i något specifikt formspråk alls. Frazer (2016) menar att vilka parametrar vi väljer för att beskriva en form avgör vilken typ av form resultatet får. Valet av parametrar kan lika gärna resultera i en minimalistisk rätvinklig design som i de mjuka kurviga, gradvis föränderliga former som Schumacher förespråkar (Ibid.). Valet ligger alltså i formskaparens händer. Det Frazer (2016) och Jabi et.al (2017) menar är då alltså att parametrisk design inte behöver vara detsamma som parametricismen.

I boken *Notes on the synthesis of form* (1964) skriver Christopher Alexander att införandet av matematik och logik i formskapandet får många formgivare att bli misstänksamma. Mycket baseras på olika vidskepligheter om vilken kraft logik har på oss att berätta vad vi ska göra. Han menar att det får vissa formgivare att tänka på vad han beskriver som en i synnerhet otrevlig och funktionellt ofördelaktig form av Formalism. Alexander menar till försvar av införandet av logik och matematik att ingen speciell form kan vara mer en konsekvens av användandet av logik än någon annan form. Det är inte logiskt att deduktiv logik kan föreskriva fysisk form för oss (Alexander, 1964).

I sin argumentation mot parametricismen säger Moussavi (2011) att de parametriska

verktygen måste räddas från att kopplas till parametricismen och istället användas för att skapa smarta designlösningar där den extravaganta formen inte är målet utan istället användas för att optimera och finkalibrera olika egenskaper av en design och ta sig an den fulla komplexiteten i vår miljö.

“Parametricism may be one answer—although exactly to what question remains unclear—but it’s certainly not the answer.”

(Rybczynski, 2013)



05

Parametrisk Design

& Landskapsarkitektur

De föregående kapitlen har på olika sätt syftat till att ge kunskap om vad parametrisk design är och kan vara. Det som berättats hittills behandlar parametrisk design i generella termer, även om siktet riktats mot landskapsarkitekturen. Det innebär att det som har sagts tidigare är relevant för såväl landskapsarkitekter som för andra arkitekter och formgivare. I det här kapitlet diskuteras parametrisk design mer specifikt i relation till landskapsarkitektur. Det visas att det är en profession i digital förändring och att parametriska verktyg skiljer sig från många andra digitala verktyg. Hur har digitala verktyg påverkat landskapsarkitekturen? Hur ser det ut idag, används parametrisk design av landskapsarkitekter? Är det vanligt? Praktiska landskapsprojekt används, figurer ritas och potentiella riktningar för landskapsarkitektur och parametrisk design beskrivs och diskuteras, allt för att försöka besvara vad parametrisk design kan innebära för landskapsarkitekter.

5.1 Landskapsarkitektur - en profession i digital förändring?

Det kan argumenteras för att datorn och digitala verktyg hittills inom landskapsarkitekturen främst har använts för att återskapa traditionella sätt att arbeta på och representera med (Wallis, et al., 2014). Det nämndes i kapitlet om digitala och analoga verktyg att många landskapsarkitekter kan ha svårt att se digitala verktyg som ett kreativt medium (Wallis & Rahmann, 2016). Trots försiktigheten gentemot de digitala verktygen i skapandet av form har det dock inte hindrat landskapsarkitekter från att använda digitala verktyg i andra skeden. Innan både byggnadsarkitekter och stadsplanerare såg fördelarna med digitala verktyg började landskapsarkitekter under 1960-talet använda den då nyutvecklade tekniken GIS (Waldheim, 2013). Under de efterföljande årtiondena spreds GIS bland landskapsarkitekter över hela världen som ett verktyg för att integrera miljömässig kunskap i planeringen (Wallis & Rahmann, 2016). I och med det var alltså landskapsarkitekter tidiga med att införa digitala verktyg för att utveckla dess professionella och disciplinära bana. Det har lett landskapsarkitekturen till att karaktäriseras som ett fält som legitimerar sina handlingar genom att binda dem vid specifika skalor och till bredare ekologiska och miljömässiga problem. (Mah, 2016). Många formgivare tycker att GIS blir alltför bundet till vetenskapligt positivistiska metoder som syftar till inventering och analys

av markanvändning, vilket kan vara en orsak till att användandet av GIS har minskat bland landskapsarkitekter under 2000-talet (Wallis & Rahmann, 2016).

I artikeln *From hand to land: Tracing procedural artifacts in the built landscape* beskriver Hansen (2011) hur landskapsarkitektens huvudsakliga arbetsmedium har förändrats under århundradena från att jobba direkt med marken, till papperet och nu till datorskärmen. Under slutet av 1800-talet separerades landskapsarkitekturen från trädgårdsdesignen och som en följd av det fick landskapsarkitektens projekt en större omfattning och skala vilket i sin tur ledde till en standardisering av processen i hur landskapsritningar blev till. Under 1900-talet definierades därför många landskapsprojekt av ett geometriskt vokabulär, styrt av verktygen som fanns att formge och göra ritningar med, såsom räta vinklar, fransk kurva och cirkelgraderare. Under mitten av 1900-talet var det därför en geometrisk formalism som dominerade inom landskapsarkitekturen. Någon som bröt mot detta var enligt Hansen (2011) arkitekten Roberto Burle Marx, vars design karakteriseras av friformskurvor som han målade istället för att rita i sina planer. För att utforska den här typen av kurvor på ett mer kontrollerat sätt vände sig landskapsarkitekter till datorer (ibid.). Under 1980-talet hade tekniken blivit så utvecklad att CAD-program dök upp på marknaden (Wallis, et al., 2014). Dessa program kunde snabbt räkna ut ekvationer för friformskurvor, så kallade ”splines”. Möjligheten att manipulera kurvor digitalt fick en stor påverkan på landskapsarkitekturen:

Given that straight lines are rarely found in nature, the digital mastery of curves has had a profound impact on landscape design: whereas formerly, landscapes manipulated or were situated in opposition to natural forms (...) landscapes today increasingly employ the geometry of nature—curves, tributaries, gradients—to seamlessly blend into their natural settings or reintroduce nature into an urban setting.

(Hansen, 2011)

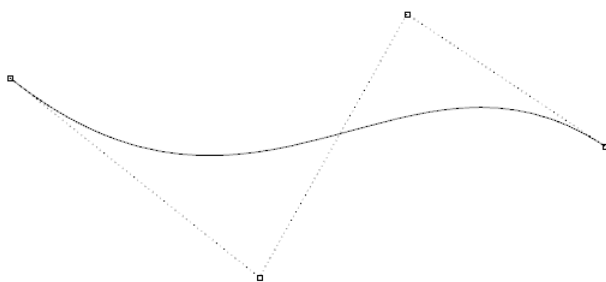


Fig.30 En ”Spline”



Fig.31 Innergård på bjälklag vid Drottningtorget i Malmö. Kanske en plats som skapats med splines och inspirerats av Burle Marx? (2018)

Det kan alltså argumenteras för att digitala verktyg har haft en stor påverkan på landskapsarkitekturen. Genom GIS förändrades den disciplinära banan av yrket och landskapsarkitekter kunde stärka sina beslut i bredare ekologiska och miljömässiga frågor (Mah, 2016). Användandet av CAD och de friformskurvor som i och med det blev lättare att rita, fick en direkt påverkan på det formspråk som användes i skapandet av landskapsarkitektur (Hansen, 2011).

Inom landskapsarkitekturen har digitala verktyg och 3D-modellering hittills främst använts för representationer och visualiseringar, snarare än som ett gestaltningsverktyg (Wallis, et al., 2014). Under senare tid har dock flera projekt börjat använda 3D-modellen som ett gestaltningsverktyg, vilket Wallis och Rahmann (2016) menar tyder på en profession i förändring. Enligt Wallis et al. (2014) har det aldrig tidigare varit så enkelt för landskapsarkitekter att engagera sig i digital design då programvaran som nu finns tillgänglig kräver mindre matematiska kunskaper och fungerar på ett mer intuitivt sätt än tidigare. Antoine Picon, professor i arkitektur och teknologi vid Harvard, menar att digitala tekniker inom de kommande åren kommer att ha lika stor påverkan på landskapsarkitekturen som de redan haft på byggnadsarkitekturen (Picon, 2013). Enligt doktoranden vid universitetet RMIT Philip Belesky (2013) kommer dock verktygen påverka landskapsarkitekturen på ett annorlunda sätt än hur de påverkat byggnadsarkitekturen. Han menar att de digitala verktygen inom byggnadsarkitekturen fungerade som en katalysator för att expandera gränserna för vad som kunde byggas. Inom landskapsarkitekturen skulle istället de digitala verktygen kunna ge en mer subtil men ändå betydande förändring. Han argumenterar för att de skulle kunna hjälpa landskapsarkitekter att bättre förstå

och analysera hur det de gestaltar agerar i komplexa dynamiska system i landskapet, vilket inte skulle förändra landskapets förmåga på samma sätt som digital design förändrat byggnaders förmåga, utan snarare förändra landskapsarkitekternas förmåga att ta informerade beslut (ibid.). En viktig del i den utvecklingen kan vara att inte se de analoga, konventionella metoderna, och de digitala som varandras motpoler (Wallis & Rahmann, 2016). Wallis & Rahmann (2016) menar att de digitala verktygens inneboende förmåga borde utforskas istället för att försöka återskapa handritningstekniker. Det handlar då inte om att ställa analoga och digitala metoder mot varandra, utan att istället se vilka styrkor och svagheter respektive teknik har.

I den här kontexten blir ett utforskande av parametrisk design som ett verktyg för landskapsarkitekter intressant.

5.2 Parametrisk design & landskapsarkitektur - hur ser det ut idag?

Det kan argumenteras för att parametrisk design är bättre lämpad för byggnadsarkitekter, inte minst med tanke på att objektbaserade datorprogram gör det enklare att använda parametrisk modellering inom byggnadsarkitektur än inom landskapsarkitektur. Byggnadsarkitekters intresse för former och vikten av mönster, geometri och matematiska koncept i dessa kan tänkas vara basen i en sådan argumentation. Men landskapsarkitekters intresse i dynamiska system, förhållanden och processer gör det lika intressant för dem att utforska potentialen i parametrisk design (Wallis & Rahmann, 2016). Fletcher (2018) menar på liknande sätt att parametriska definitioner, regler och algoritmer kan förstärka en landskapsdesign och hjälpa till i processen att sortera alla de variabler som behövs för att hitta vägen till ett slutgiltigt designförslag så som till exempel idéer, koncept, kontext och platsförhållanden. De parametriska verktygen tillåter en utökning av antalet möjliga lösningar, bortom vad som kan uppnås endast med penna och papper samtidigt som det i slutändan är upp till formgivaren att välja vad som är värt att gå vidare med och utveckla (Fletcher, 2018).

Inom landskapsarkitekturen är parametrisk modellering fortfarande ovanlig både i

praktik och i undervisning (Wallis & Rahmann, 2016). Bortsett från komponenter i landskapsprojekt, som till exempel markbeläggning, så menar Wallis och Rahmann (2016) att både teoretiker och praktiker har svårt att nämna landskapsprojekt som blivit till genom parametriskt modellerande. Belesky (2013) menar att i de flesta fall där parametrisk design använts inom landskapsarkitekturen så har det använts på ett liknande sätt som byggnadsarkitekter använder det på fasader, fast med skillnaden att det istället är applicerat på marken. Vidare diskuterar han att denna metod har sin plats och sina värden, men att det inte är ett pålitligt eller önskvärt svar på alla designproblem som finns inom landskapsarkitekturen. Belesky (2013) föreslår istället en annan riktning som parametrisk design kan ta för landskapsarkitekturen. Mer om den längre fram i uppsatsen.

Utifrån begrepp och idéer i boken *Landscape Architecture and Digital Technologies* (2016) har en förenklad figur (Fig.25) gjorts för att förklara och diskutera hur förhållandet mellan parametrisk design och landskapsarkitektur kan se ut i en designprocess. Den gör gällande att parametrisk design snabbt kan delas upp i två parametriska förhållningssätt. I det första, det **konceptuella** förhållningssättet, kan olika tekniker blandas, både ett mer intuitivt utforskande av form och ett regelbaserat förhållningssätt. I det här förhållningssättet blir parametriskt modellerande en del i en mer konventionell arbetsprocess. Vissa delar av en design styrs av parametrar, isolerade från den övriga designen, eller så fungerar parametrarna som ramar för den övriga designen. Ett mer stringent användande av regler utgör grunden i det andra, **precisa** förhållningssättet. Här är den parametriska modellen den huvudsakliga platsen för designprocessen. Förutbestämda parametrar och förhållanden etableras och utifrån dessa testas andra parametrar för att komma fram till den slutgiltiga formen på designen.

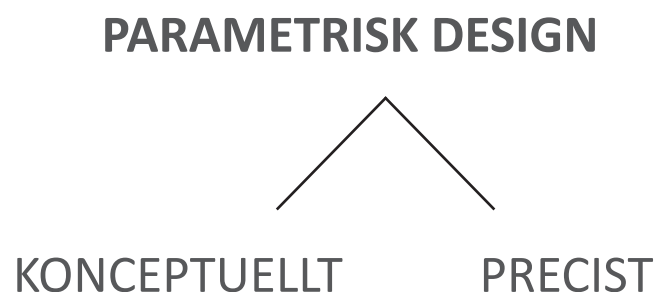


Fig.32 Två parametriska förhållningssätt till design

För att förklara vad parametrisk design kan innebära rent praktiskt för landskapsarkitekter ges nedan exempel på projekt där parametrisk design på olika sätt varit inblandade i designprocessen. Senare kommer dessa projekt att kategoriseras med hjälp av figuren ovan och på så sätt kan en bild av hur parametrisk design används inom landskapsarkitekturen idag bli tydligare. Exempelstudierna kommer visa på både svenska och utländska projekt och såväl färdigställda som icke-realiserade exempel. Urvalet är slumpmässigt och baseras främst på om tillgänglig information om projekt funnits. Det kan också vara värt att tillägga att det har varit svårt att hitta projekt där det beskrivs vilken teknik som använts. Speciellt eftersom parametrisk design är ovanligt inom landskapsarkitekturen (Wallis & Rahmann, 2016). Andelen tillgängligt material skiljer sig också mellan de olika exemplen, vilket resulterar i att vissa exempel kanske beskrivs mer utförligt än andra.

South Park, San Francisco

Fletcher studio



Fig.33 Drönbild över South Park av Fletcher studio (2017)

Informationen om projektet kommer från artikeln ”*The Parametric Park*” (2018) skriven av David Fletcher.

South park i San Francisco är stadens äldsta offentliga park. Den öppnades år 1852 och var i stilen en engelsk pittoresk promenadpark. År 2012 blev Fletcher

studio anlitate för att arbeta fram en ny design av parken. Problem som skulle åtgärdas var bland annat dålig dränering och lutningar på gångvägar som överskred tillgänglighetskraven. Fletcher studio beskriver sin design som en kontemporär tolkning av det pittoreska, där olika typer av funktioner är utlagda längs en slingrande gångväg som stundtals öppnar upp sig till större torgytor. I parken återfinns lekytor, scener, öppna gräsmattor och infiltrationsplanteringar. Enligt David Fletcher var designprocessen en hybrid av digitala och analoga verktyg. Analoga och manuella ändringar tillät distinkta och säregna lösningar som kunde rätta sig efter formella regler baserade på en miljömässig, rumslig och materiell logik, vilka etablerats med hjälp av de parametriska verktygen. Grunden i designen skapades först med analoga metoder. Sedan återskapades och utvecklades designen med hjälp av parametriska verktyg. Orsakerna till att återskapa och utveckla designen med parametriska verktyg beskriver David Fletcher såhär:

"By implementing the design variables into a parametric system, we intended to utilize the system to display the design resiliency of the tectonic and spatial systems. The decision to codify the analog system, developed in the initial phase of design, was driven by the knowledge that future specification of the design in permitting, coordination, and construction documentation would require multiple iterations responding to new constraints and conditions, as they might arise."

(Fletcher, 2018)

Flexibiliteten i att enkelt kunna ändra och skapa flera olika variationer av designen var alltså drivande i implementeringen av de parametriska verktygen.

Styrande för utformningen av parken var en hierarki av cirkulationsmönster, sociala noder, existerande träd och strukturer som skulle bevaras, samt entrépunkter. De olika punkterna bands samman med den slingrande gångvägen för att tillåta en linjär promenad i parkens längdled samtidigt som gångvägen tillåter parken att korsas i sidled. Genom att bredda eller smalna av gångvägen skapades torgytor i olika storlekar vid viktiga knutpunkter. Som parametriskt verktyg användes Grasshopper. I modellen skapades först en rak linje genom parkens centralaxel. Med hjälp av så kallade "attractor points" skapades punkter som motsvarade byggnadstäthet, markanvändning och entréplatser. En "attractor point" är en punkt i ett parametriskt program som har en "tyngd" eller dragningskraft. Genom att ge olika punkter olika dragningskraft på en skala 1-10 efter hur viktiga de var för platsens utformning drog punkterna i den raka linjen och deformationerades den för att skapa den slingrande

gångvägen. Efter att den slingrande formen av linjen etablerats applicerades en rad ytterligare faktorer på linjen för att göra den rumslig. Först omvandlades linjen till de önskade markbeläggningsplattorna, sedan lades parametrar in som varnade om markbeläggningen hade en ytmässig konflikt med de träd som önskades bevaras och till sist ”klippes” plattorna efter parkens yttre gräns (Se fig.30-33).

I det fortsatta arbetet med parken användes parametriskt modellerande för att skapa den tekniska dokumentationen för bygglov och konstruktion. Att ha hela projektet i en parametrisk 3D-modell förenklade arbetet när något behövde ändras. Till exempel kunde en murprofil ändras och eftersom hela muren var parametriskt länkad till profilen förändrades hela muren. Även höjdsättningen underlättades med hjälp av den parametriska modellen. Korrekta höjdsättningspunkter från ingenjören kunde matas in i programmet ”Grasshopper” som då genererade en topografisk yta. Förändringar i topografin kunde då kontrolleras mot 3D-modellen för fel och ändringar som behövde göras.

Även den specialdesignade lekutrustningen i parken modellerades parametriskt. Det parametriska modellerandet av utrustningen tillät att många olika varianter av utformningen snabbt kunde testas. I den parametriska modellen kunde nät och placering av lekelement automatiskt genereras när ändringar på strukturen gjordes.

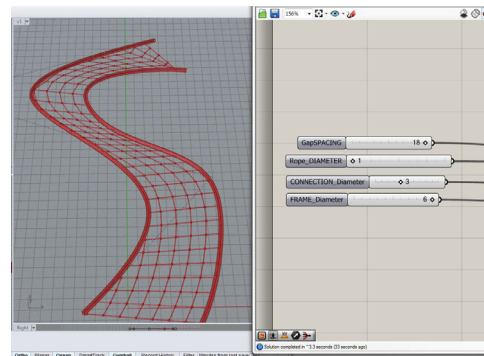
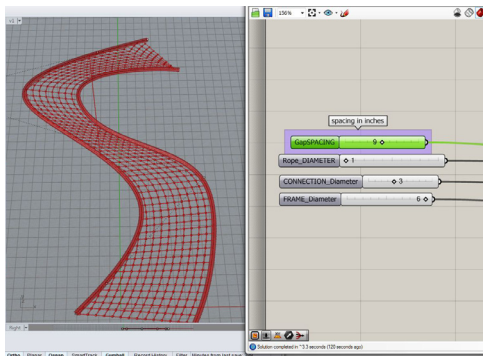


Fig.34 och Fig.35 Illustrationer av Fletcher studio (2014), Utforskning av hålstorlek på nät i lekutrustning, South Park



Fig.36 Färdigställd lekutrustning i South Park av Fletcher studio (2017)

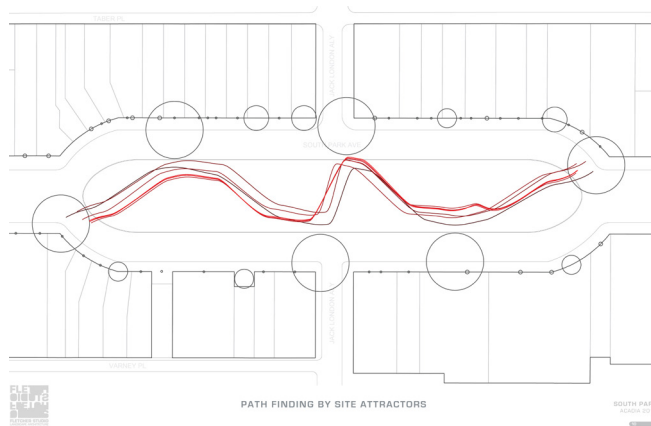


Fig.37 Linjesökande med "Attractor points" av Fletcher studio (u.å)

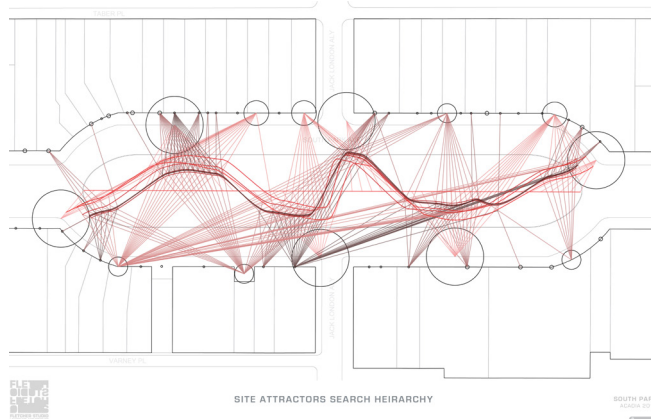


Fig.38 Synliggörande av punkternas hierarkiska påverkan på linjen av Fletcher studio (u.å)

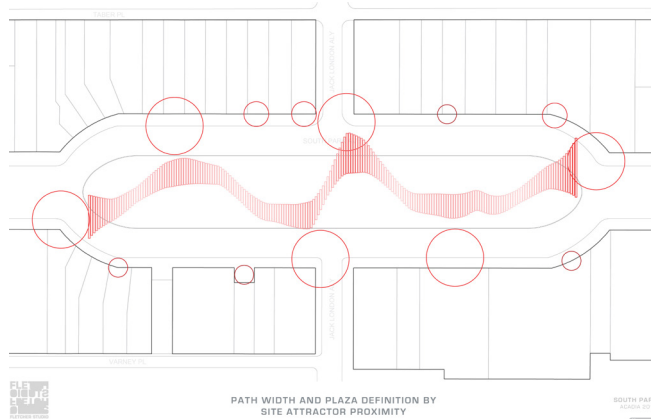


Fig.39 Skapande av gångvägen utifrån "attractor points" av Fletcher studio (u.å)

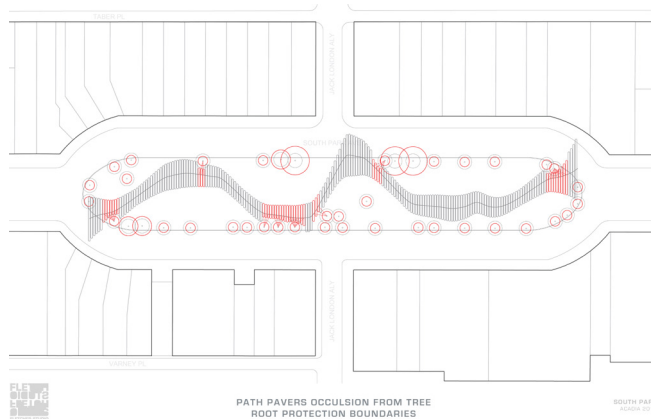


Fig.40 Gångväg justeras efter befintliga träd av Fletcher studio (u.å)

Brovaktarparken, Stockholm (Nod)C-O-M-B-I-N-E, White arkitekter



Fig.41 Fotografi Brovaktarparken (2017)

Brovaktarparken designades av arkitektkontoret (Nod)C-O-M-B-I-N-E. Parken är belägen under den stora vägen Essingeleden i Stockholm och det ansågs finnas en risk att fordon med farlig last kunde köra snett och falla ned i parken. På grund av det var programmet för parken ganska ovanligt, där syftet var att skapa en plats som människor kunde röra sig igenom, men inte nödvändigtvis skulle vistas på. Det annorlunda programmet gjorde att gestaltningen inte behövde svara till traditionella konventioner. Fokus lades på att skapa en tydligt visuell gestaltning och resultatet blev ett veckat topografiskt landskap med triangulära ytor som vinklar sig i olika riktningar. För att ändå få med någon form av aktivitet i parken ”smugglade” arkitektkontoret under gestaltningen in funktionalitet för skateboardåkare (Mårsén, 2016)

Till projekteringen av parken anlätades White arkitekter. Det ansågs nödvändigt att upprätta en 3D-modell över projektet för att kunna förstå gestaltningen med dess olika vinklar och lutningar. Modellen gjordes parametrisk för att ha en flexibilitet i sig och på så sätt kunde olika alternativ för till exempel lutningar och höjder enklare testas. Ansvariga för den parametriska delen av projektet var gruppen

”Dsearch”, ledd av Jonas Runberger på White arkitekter. Enligt Runberger var den parametriska modellen enkel att i slutskedet översätta till mer konventionella ritningar. Till exempel höjdsättningar kunde enkelt utvinnas ur den parametriska modellen, eftersom detta är ren data. Att parametrisk design användes i ett så sent skede av projektet, när gestaltningen redan var gjord, begränsade dock vilka typer av utforskningar som kunde göras med det¹.

Max IV, Lund *Snøhetta*



Fig.42 Max IV-24 av M. Schlosser (2016)

Max IV är ett laboratorium för accelerationsfysik beläget i Brunnshög utanför Lund. I labbet accelereras elektroner till nära ljusets hastighet för att sedan, med hjälp av magneter, böjas av i sin bana. När detta händer skapas ett starkt synkrotronljus som gör det möjligt att på ett detaljrikt sätt studera molekylära ytor och strukturer. Runt laboratoriet är landskapet böljande och kulligt. Detta kulliga landskap är designat av arkitektkontoret Snøhetta och har en viktig uppgift, att stoppa vibrationer från den närliggande E22:an att nå forskningsanläggningen, vilket skulle kunna störa den finkalibrerade utrustningen i laboratoriet (Kling, 2017).

När problemet med vibrationerna uppdagades såg Snøhetta det som en inspiration för projektet. Det stod klart att ett regelbaserat tillvägagångssätt behövdes och

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

att det var nödvändigt att arbeta parametriskt och i 3D. Det parametriska verktyg som användes var "Grasshopper". Utifrån vibrationernas egenskaper kunde parametrar utvinnas och översättas till rumsliga definitioner. Från ingenjörerna fick landskapsarkitekterna till exempel veta att en kullig topografisk form kunde användas för att dämpa vibrationerna, samt vilken våglängd dessa kullarna behövde ha för att kunna dämpa vibrationerna. Våglängden definierades som en fast parameter i modellen och fungerade som ett ramverk för att testa andra parametrar såsom riktning och höjd på kullarna. Utifrån dessa regler kunde Snøhetta även testa en mängd olika variationer av utformningen på platsen. Under arbetsprocessen definierades fler parametrar som styrande regler, till exempel lutningen på kullarna, vilket bestämdes av möjligheten att göra underhåll samt hur platsen skulle dräneras. Att projektet ritades i en parametrisk 3D-modell möjliggjorde också att miljömässiga simulationer kunde göras på modellen med hjälp av plugin-programmet "Kangaroo", vilket är ett tilläggsprogram till Grasshopper. Exempel på simulationer som gjordes var hur vattnet rörde sig på platsen och hur platsen påverkades av den starka skånska vinden. Simulationerna hjälpte landskapsarkitekterna att ta informerade beslut angående hur utformningen kunde ändras för att påverka dessa faktorer. (Wallis & Rahmann, 2016)

En viktig faktor i projektet var massbalansen. Det hade varit möjligt att integrera en automatisk beräkning av massbalansen i den parametriska modellen, men för att inte överbelasta datorns kapacitet och få en smidigare arbetsprocess gjordes dessa uträkningar vid sidan om modellen (Wallis & Rahmann, 2016). För att säkerställa att platsen i framtiden ska kunna återställas till den åkermark den en gång varit användes endast schaktmassor från platsen (Kling, 2017). För att säkerställa detta matades 3D-modellen in i grävmaskinernas GPS-system. Systemet visade då exakt vart massor skulle tas, vart de skulle placeras och hur landformer skulle se ut. Detta tillvägagångssätt visade sig både spara tid och pengar under konstruktionstiden (Wallis & Rahmann, 2016).

Bellwether competition entry, Taichung

PEG office of landscape + architecture



Fig.43 Situationsplan
Bellwether av PEG office
of landscape + architecture
(2011)

Information om detta projektet kommer från boken *Landscape architecture and digital technologies* av Wallis & Rahmann (2016) pp 69-77

Bellwether var ett tävlingsförslag av ”PEG office of landscape + architecture” i en internationell tävling för Taichung Gateway Park i Taiwan. Det taiwanesiska klimatet var avgörande för tävlingsförslaget. Taiwan är en av de blötaste platserna på jorden samtidigt som det ibland förekommer extremt torra perioder. Med bakgrund i det använde PEG datordrivna metoder för att undersöka vattnets krafter (kvantitet och kvalitet) i relation till platsens topografi. Med sin metod undersökte de hur mönster både direkt och indirekt kunde rusta parken för det extrema klimatet och den instabilitet som klimatförändringar och den snabba urbaniseringen medför i relation till den mänskliga upplevelsen.

De startade arbetet med en parametrisk modell uppbyggd i programmen Rhino och Grasshopper. I denna modell undersökte de platsens topografi och de

omkringliggande vägnas bredd för att få en uppskattning om hur mycket vatten som skulle rinna in i parken och hur förorenat det var. Förhoppningen var att det här förhållningssättet skulle ge dem medel att visualisera densitets- och utbredningsmönster av både vattenkvalitet och vattenkvantitet.

I tävlingsprogrammet fick de ingen exakt statistik över vattenmängder utan endast en bredare uppskattning. Vattenflödet och föroreningsnivåerna etablerades i den parametriska modellen genom att använda en "scale of relativity without true metrics", det vill säga "uppskattningar" snarare än "sann data". Det menar de visar på en viktig egenskap som landskapsarkitekter värderar under modelleringsprocessen, i jämförelse med mer empiriskt drivna discipliner inom till exempel miljövetenskap. PEG menar att de kunde ha kört en hydrologisk modell men att de inte var intresserade av en beskrivande "sann" modell utan istället hellre ville ha en modell som kunde användas i beslutsfattandet, en som öppnade upp möjligheter men som fortfarande kunde ge några grundläggande egenskaper, till exempel var det redan existerade vattenförhållanden som behövdes dämpas, samlas eller göras något med.

För att skapa modellen importerades och översattes konturlinjer först till en topografisk yta i 3D-modellen. Med hjälp av parametriska verktyg konverterades sedan ytan till vektorlinjer som representerade lutningar och dess riktningar. Längden på linjerna visade hur brant en lutning var, ju brantare desto längre blev linjen. Inspiration för denna metod fick de från ett klassiskt sätt att representera topografi som kallas "hachure".

Genom ytterligare ett skript i den parametriska modellen gav de sedan vektorlinjerna tre olika färger för att tydligare visualisera hur branta de olika delarna var. I de områdena med branta lutningar skapade PEG punkter på de platser där linjer korsade varandra. Där flera punkter var nära varandra skapades sedan cirklar. Cirklarnas storlek baserades på antalet punkter de innehöll.

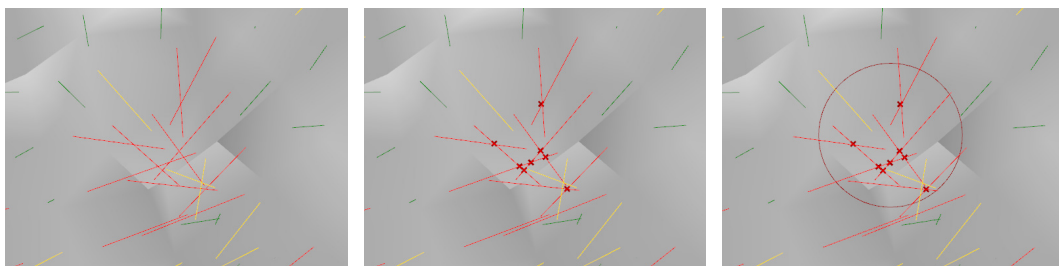


Fig. 44-46 Vår tolkning av PEGs arbetsprocess. Där vektorlinjer korsas skapas punkter som ringas in av cirklar. Dess storlek avgörs av hur många punkter de innehåller.

Dessa cirklar blev sedan zoner för vattenansamling i gestaltningen av parken och tillät vidare undersökningar. Olika mängder regnfall och dräneringsscenarion simulerades och testade den dynamiska relationen mellan miljömässiga krafter och form. De fält där vatten ansamlades gav sedan inspiration för den fortsatta utformningen av parken. Det inspirerade PEG till ett koncept de liknar vid ett atollrev (ett korallrev som bygger upp en ö, vilket i sin tur innesluter en lagun). De högre delarna av parken sågs som korallrevet och fick funktioner för vistelse och rörelse med både skogsliknande karaktärer och ängar, med möjlighet att översvämmas. ”Korallrevet” omsluter de cirkulära lägre platserna, vilka sågs som ”lagunerna” i atollrevet. Utöver det använde PEG parametriska verktyg för att leta efter repeterande geometrier i utformningen som kunde delas in i mindre delar för att ge en övergripande struktur till parken. Det tillvägagångssättet gav dem ett repeterande formspråk som gav struktur till platserna mellan aktivitetszonerna och de mer dynamiska ”lagunerna”. Om den slutliga formen säger PEG:

”The final scheme presents a legible tiered structure for the park, which accommodates and registers the conditions of change created by dynamic water flows and the cycle of flooding and drought”

(Karen McCloskey i Wallis & Rahmann, 2016, p. 71)



Fig.47 ”Hachure” mönster som analys av vattnet på platsen av PEG office of landscape + architecture (2011)

De parametriska verktygens roll i exempelstudierna

Genom att studera vilken roll det parametriska modellerandet har haft i exemplen ovan kan de delas in i de tidigare nämnda kategorierna för att ta reda på vilket parametriskt förhållningssätt till design som har använts i designprocessen, det vill säga det **konceptuella**- eller det **precisa** förhållningssättet. Genom en sådan indelning kan en tydligare uppfattning av hur parametrisk design i praktiken används av landskapsarkitekter göras och en bild av hur dess utveckling ser ut i dagsläget kan bli klarare.

I projektet ”South Park” användes parametrisk design som en del i en mer konventionell arbetsprocess. Parametrisk design användes bland annat för att återskapa formen på en gångväg som tidigare skissats för hand. Vidare användes parametrisk design för att möjliggöra en flexibilitet i arbetet med modellen, så att olika alternativa lösningar kunde testas på ett smidigt sätt. Blandningen av metoder i arbetsprocessen där analoga och manuella lösningar rättade sig efter uppsatta regler och parametrar gör att ”South Park” kan kategoriseras som ett **”konceptuellt”** förhållningssätt till parametrisk design där metoder blandas och parametrar fungerar som ramar för den övriga designen.

I ”Brovaktarparken” användes parametrisk design sent i arbetsprocessen, efter att det grundläggande konceptet och utformningen av parken var klart. Parametrisk design användes främst för att på ett flexibelt sätt kunna undersöka lutningar och höjder i den 3D-modell som togs fram under projekteringsfasen. Även i detta exempel användes alltså parametrisk design tillsammans med konventionella metoder och i slutfasen styrdes vissa delar av designen med hjälp av parametrar, vilket gör att även brovaktarparken kan kategoriseras som ett **”konceptuellt”** förhållningssätt.

I ”Max IV-projektet” utgjorde parametrar såsom våglängd och höjd på kullarna styrande regler för hela utvecklingen av designen. Dessa regler var grundläggande för den resterande processen och andra parametrar kördes och testades sedan mot dem allteftersom gestaltningen tog fart. Variationer av designen testades och fler parametrar och regler kunde definieras. Den parametriska modellen blev alltså den huvudsakliga platsen för designprocessen och förutbestämda parametrar etablerades tidigt, vilket gör att projektet kan kategoriseras i det **”precisa”** förhållningssättet.

I förslaget "Bellwether" utgick arbetsprocessen från den parametriska modellen, men några förutbestämda eller fasta parametrar fanns inte. Istället användes den parametriska modellen för att göra analyser av de processer och krafter som verkar på platsen, vilka sedan blev vägledande för utformningen av förslaget. De parametriska relationerna utnyttjades också för att skapa egna verktyg. Som det beskrevs här ovan så utvecklade de ett skript som gjorde cirklar runt områden där "hachure-strecken" korsade varandra. Cirklarnas storlek relaterades till hur många streck som korsade varandra. Det här var områden som sen kom att få vara platser för vattenansamlingar. Skapandet av modellen blev alltså i själva verket designprocessen. Den parametriska modellen fungerade som en brygga mellan analys och design (Wallis & Rahmann, 2016). Fokus lades på processerna och de dynamiska systemen i landskapet, vilka synliggjordes med hjälp av de parametriska verktygen och sedan blev utgångspunkten i det fortsatta designarbetet. Bellwether passar alltså inte in i någon av de två tidigare nämnda kategorierna. Detta sättet att förutsättningslöst studera de platsspecifika fenomenen och sedan låta dem leda vägen i designprocessen kallar Wallis & Rahmann (2016) för ett "vägledande" förhållningssätt till parametrisk design i landskapsarkitektens arbetsprocess.

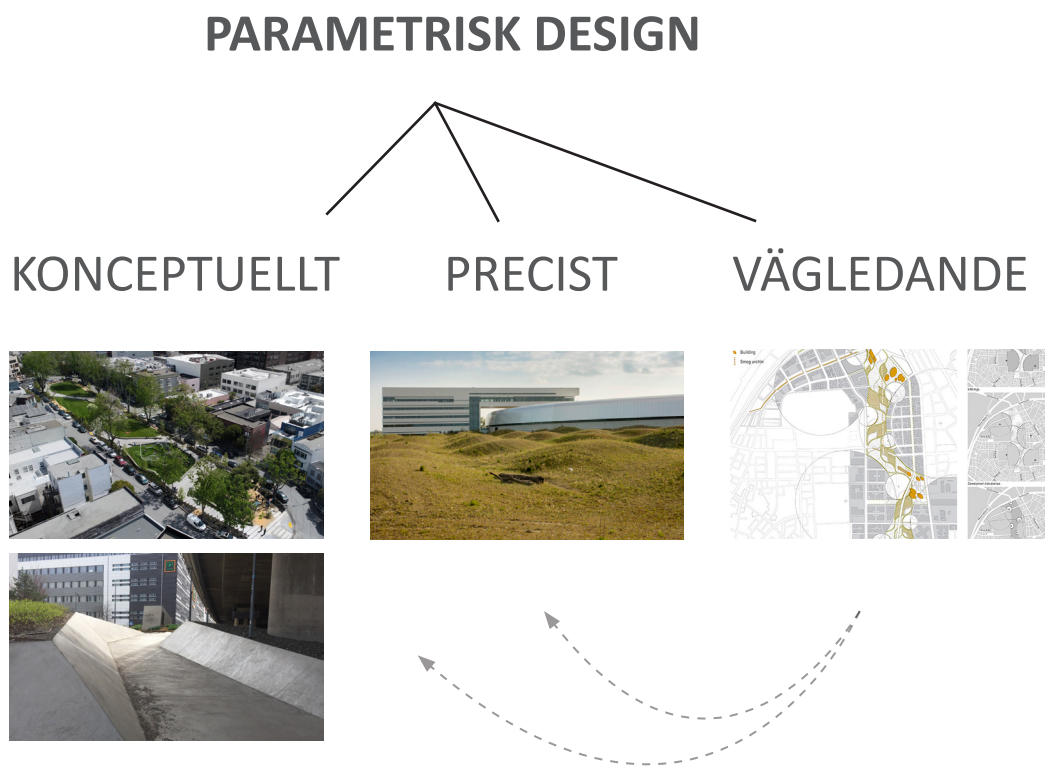


Fig.48 Kategorisering av exempelstudierna

I både ett konceptuellt och ett precist förhållningssätt till parametrisk design så bevakar formgivaren den genererande potentialen i parametriskt modellerande där parametrar och kriterier kan testas genom hela designprocessen. De genererande egenskaperna kan ytterligare tillämpas i en mer ”vägledande” designprocess. Genom att arbeta mot en teoretisk bakgrund av performance utvecklas då processer som ligger mellan analys och formskapande. I en ”vägledande” designprocess undersöker då formgivaren relationer och beteenden mellan form, system och fenomen och identifierar förändringar i koncentration och intensitet för att skapa informerade ”regler” som kan användas i vidare designutforskning. Wallis och Rahman (2016) liknar det här med ett spekulativt forskningsdrivet förhållningssätt där form uppstår i undersökandet av information och performance (Wallis & Rahmann, 2016). Det är viktigt att ta med sig att den parametriska modellen här används som en plats att testa analyser och simuleringar som senare kan bli vägledande i den fortsatta designprocessen som kan vara både ”konceptuell” eller ”precis”.

Även om det inte går att dra några generella slutsatser med så få exempel visar det på olika sätt att arbeta, vilket kan ge en klarare bild av de parametriska verktygens roll i landskapsarkitektens designprocess. De olika förhållningssätten som visats och diskuterats visar alla på den potential som finns för landskapsarkitektur och parametrisk design. Möjligheten att ta informerade beslut där tekniken skapar en brygga mellan analys och gestaltning menar dock vissa är den främsta potentialen för landskapsarkitektur och parametrisk design. Det blir därför relevant att noggrannare undersöka vad som menas med termen ”performance” vilket ligger till grund för detta ”vägledande” förhållningssätt.

5.4 Performance - en riktning för landskapsarkitektur & parametrisk design?

I brist på en bra svensk översättning används det engelska ordet performance, vilket syftar på hur något presterar och uppträder (perform). Performancebaserad design kan förenklat förklaras som ett förhållningssätt till arkitektur där en gestaltungs performance, alltså hur en gestaltning presterar, är en vägledande eller direkt avgörande faktor i en gestaltning (Oxman, 2008). Exakt vad det innebär beror på

projektet och dess kontext, men verktyg inom computational design kan idag låta en designprocess bli informerad av specifika performanceegenskaper som anses relevanta för det specifika projektet (Anton & Tanase, 2016). Det ger arkitekter möjligheten att utvärdera hur en gestaltning beter sig, oavsett om det är en byggnad, en stad, ett landskap eller infrastruktur (ibid.).

Rivka Oxman (2008) menar att tekniker inom computational design och parametriska system har hjälpt ett performancebaserat förhållningssätt att växa och bli ett av de största fälten inom digital design, både inom praktik och forskning (Oxman, 2008) (Wallis & Rahmann, 2016). Inom arkitekturen kan performancebaserad design ses som en sammanslagning av två av de viktigaste kännetecknen för digital design, nämligen de designprocesser som tillåter modeller som genererar eller modifierar former (parametriska modeller) tillsammans med de modeller som stödjer utvärderingar av miljömässig performance som baseras på simuleringar av fysiska förhållanden (till exempel sol- och vindförhållanden) (Oxman, 2008). Eftersom parametrisk- och computational design som sagt fortfarande är relativt ovanligt bland landskapsarkitekter verkar denna typ av ”digital performance” inte vara så stor inom landskapsarkitektur ännu. Wallis och Rahmann (2016) säger dock att landskapsarkitekter sedan mitten av 1990-talet har varit intresserade av performance i teorin. Inspirerade av landskapsurbanismen började de prioritera hur olika landskap presterade gentemot ekologiska system, det fanns en ambition inom landskapsarkitekturen att utveckla en designpraktik som svarade på dynamiska system och processer (Wallis & Rahmann, 2016). Landskapsarkitekter har trots intresset fram tills nyligen varit motvilliga att ta hjälp av computational design vilket har begränsat möjligheterna att undersöka performance som en del av designprocessen (ibid.). I relation till detta blir det intressant att diskutera hur ett performancebaserat förhållningssätt till design skulle kunna se ut för landskapsarkitekter.

Vissa argumenterar för att det är landskapsarkitekters intresse i processer, relationer och dynamiska system som gör det intressant att undersöka designpotentialen för landskapsarkitektur i samband med parametrisk modellering (Belesky, 2013) (Wallis & Rahmann, 2016). Genom att arbeta mot en teoretisk bakgrund av performance kan processer som ligger mellan analys och formskapande utvecklas (Wallis & Rahmann, 2016).

Landskapsarkitekter intresserade av landskapsurbanismen har traditionellt sett fått förlita sig på diagram för att förklara dynamiska processer och system (Belesky,

2013). Belesky (2013) menar att det kan innebära svårigheter, att det kan uppstå en spänning i abstraktionen mellan de diagrammatiska representationerna och de faktiska förhållandena. Han argumenterar för att computational- och parametrisk design kan innebära en lösning på denna spänning. Genom simuleringar kan den parametriska modellen vara en plats att testa olika dynamiska systems effekter på en gestaltning, och tvärtom, att testa hur olika gestaltningar påverkar de dynamiska processerna. Det kan argumenteras för att det här sättet att arbeta gör att verktygen som används i designprocessen alltmer börjar likna det som de representerar i verkligheten. Genom att skapa regler i ett parametriskt system som står till svars för det temporära, dynamiska och osäkra i ett landskap kan dessa börja bli verkligt aktiva i processen (ibid.). Som exempel skriver Belesky (2013) att en design för en konstgjord våtmark kontinuerligt i processen skulle kunna testas gentemot simuleringar av hydrologiska system så som tidvatten, erosion och havsnivåhöjningar. En planteringsplan skulle automatiskt kunna matcha specifika arter med mikroklimat och platsspecifika förhållanden samtidigt som en sammanhållen komposition med estetisk effekt och ekologisk mångfald skulle kunna upprätthållas.

Det ska sägas att det verkar pågå en debatt om hur lämpligt det är att simulera dynamiska system och processer inom landskapsarkitekturen. Julian Raxworthy skriver till exempel i avhandlingen *Novelty in the Entropic Landscape: Landscape architecture, gardening and change* (2013) att simuleringar av processer, som drivs av en önskan att visa gömda system i landskapet, är ett ytligt synsätt av en plats och som ignorerar andra system och platsegenskaper för att endast fokusera på det som har en abstrakt potential att modelleras i datorn. Han kritiserar processtänkandet som enligt honom har som mål att producera förändring och rörelse endast som en estetisk effekt och där resultatet ofta är en typ av biomimicry, alltså något som härmar en naturlig form eller process (Raxworthy, 2013) (Sattler, 2016). De projekt som använder processer för att skapa en känsla av förändring och rörelse slutar då oftast med att ha det endast som en visuell effekt snarare än som en greppbar effekt (Raxworthy, 2013). Denna åsikt får även stöd i Sohn och Prezlj (2016) som menar att projekt där fokus ligger på "performance" som ett tillvägagångssätt för att formge förändring, känns bekymmersamma när det kommer till själva implementeringen av dem. Att det lämnas för lite utrymme för en faktisk oförutsägbarhet. De är också kritiska till att vända sig till datorn för ett processbaserat designgenererande och simulerande av förändring och ekologisk dynamik:

“Once implemented, such designs commonly fall short of living up to the promise of dynamism and open-endedness implied in the generated diagrams and simulations; their forces remain trapped on screen, exposing how a design that performs on screen does not necessarily perform once it is implemented outside the confines of a computer.”

(Sohn & Prezelj, 2016, p. 29)

Däremot diskuterar de att den digitala mjukvaran som används kan vara ett användbart verktyg för att producera olika designalternativ relativt snabbt. När simuleringar av processer och dynamiska system görs menar Sohn och Prezelj (2016) dock att ett lager i landskapet ofta glöms bort, nämligen att landskapet också är en produkt av en kulturell process. Även David Fletcher berör i artikeln “The parametric park” (2018) att det finns saker i landskapet som inte går att modellera eller förutse med parametrisk design:

“Memory, experience, emotion, and humor are not yet parameters that can be input into a parametric definition.”

(Fletcher, 2018, p.3)

Även Hansen (2011) menar att det finns en risk i simulerandet och modellerandet av naturliga fenomen och processer. Enligt henne har de komplexa kartläggningarna av miljömässiga, ekologiska, sociala och biologiska fenomen, som tekniken tillåter, en nymodig och estetisk dragningskraft som kan leda till formgenereringar med skeva skalöversättningar mellan såväl regionala- och lokala system, som makroskopiska- och mikroskopiska system vilka används för att bädda in metaforer och kontext i formgivningar. Hansen (2011) menar att det är den ekologiska stringensen i landskapsurbanismen som ger den dess trovärdighet, men i vissa fall också kan leda till ett lättgjort misstag, vilket hon likt Raxworthy menar är biomimicry. Samtidigt menar Hansen (2011) i sin slutsats att det är just när de digitala verktygen används för att stärka ett landskaps ”performance” som de används på det bästa sättet. Det vill säga när de hjälper landskapsarkitekter att förstå den komplexa världen genom att översätta miljömässiga och sociala processer till formgivningar (ibid.). Alltså även om det finns problem i simulerandet av performance så menar Hansen att det också finns en potential. Wallis och Rahmann (2016) når en liknande slutsats och menar att ett parametriskt förhållningssätt till landskapsarkitektur erbjuder värdefulla sätt att engagera sig i de krafter, karaktärer och temporära aspekterna som finns på en plats direkt i designprocessen.

På ett förenklat sätt går det kanske att säga att det handlar mycket om att simulera

väder, klimat och dynamiska processer för att kunna upptäcka och undersöka system som annars hade varit antingen svåra eller omöjliga att upptäcka. Dessa kan sedan användas vidare i designprocessen där de parametriska systemen gör det möjligt att bädda in analyserna i designprocessen genom att till exempel låta formen påverkas av analyserna eller att använda resultaten som utgångspunkt för gestaltningen. Simuleringarna kan därmed ge nya analytiska förmågor, det kan till exempel användas för att undersöka hur en gestaltning både påverkar och påverkas av dynamiska system.

I artikeln *Pedagogical foundations: deploying digital techniques in design/research practice* (2014) beskriver Wallis et.al hur en av de få skolor för landskapsarkitektur som faktiskt använder parametrisk design i undervisningen förhåller sig till det. I en kurs vid "Harvard graduate school of design" fick eleverna först samla in data kring naturliga fenomen och processer såsom tidvatten, erosion, deposition, vindhastighet med mera. Den data som hade samlats in fick eleverna sedan undersöka med hjälp av parametriska verktyg för att se hur dessa fenomen förändras över tid. Genom att återskapa de naturliga processerna i de parametriska programmen tilläts eleverna att uttrycka fenomenen som en del i ett dynamiskt system. I nästa steg fick eleverna parametriskt undersöka hur olika topografiska former påverkade och påverkades av de olika naturliga fenomenen. Simuleringarna använde de sedan i sina studiprojekt för att kunna förutse hur fenomenen och processerna skulle påverkas av de gestaltningar de gjorde samtidigt som de fick en bättre förståelse för hur olika topografiska former kunde påverka platsens miljömässiga presterande. Wallis et.al (2014) menar att detta tillvägagångssätt fungerar som en brygga mellan analys och design:

"Unlike traditional site analysis that frames site conditions as a holistic set of information, parametric design provides the ability to work more generatively with site conditions by isolating particular phenomena. While this requires the designer to focus on only a few key aspects of the site, it does not mean that the design explorations are overly simplified. Rather, the design process adopts computational explorations as a means for testing and speculation."

(Wallis, et al., 2014, p. 78)

Simuleringarna av landskapets "performance" som beskrevs ovan kan liknas vid det som tidigare har diskuterats kring projektet "Bellwether", alltså som ett vägledande förhållningssätt där krafter och fenomen först testas för att sedan informera beslut i designprocessen.

Slutligen påminner Branko Kolarevic (2005, i; Anton & Tanase, 2016) om att det bästa resultatet ur ett performance-perspektiv inte alltid är det bästa ur ett estetiskt, och att det är upp till arkitekten att kombinera de två. Anton och Tanase (2016) påminner också om att performance inte ska ses som den enda parametern eftersom det då kan leda till en väldigt funktionalistisk design. En lösning, menar de, är att bygga upp en parametrisk modell som inkluderar alla relationer som utgör formen av designen. Genom att kombinera performance och formgenereringar i till exempel en parametrisk modell blir performance bara en av flera parametrar i ett formskapande (ibid.). De menar att performance inte ska förstås som enbart ett villkorande av ett projekt baserat på en generisk lösning som ska fungera som en lösning på en mängd olika praktiska problem. Istället vill de att performance-området ska expanderas och ses som en möjlighet att utveckla en generativ designprocess baserad på lokal information relevant för varje projekt, så som kulturella-, tekniska- och miljömässiga förhållanden (Anton & Tanase, 2016).

I en snabb sammanfattning av det här sista kapitlet kan det sägas att landskapsarkitekturen är en profession som likt byggnadsarkitekturen under historiens gång på olika sätt påverkats av de verktyg som har använts under designprocessen. Även om landskapsarkitekturen på många sätt varit långsamma att ta till sig digitala verktyg i den formskapande processen så kan det nu argumenteras för att det är en profession i digital förändring och för att landskapsarkitekter nyligen har börjat få upp ögonen för parametrisk design. Att arbeta med dynamiska system och processer tillsammans med parametrisk design anser vissa är den riktning där det finns störst potential för landskapsarkitekter.

För att förklara vad parametrisk design kan innebära rent praktiskt för landskapsarkitekter har flera exempel visats där landskapsprojekt använt sig av parametrisk design. Dessa har sedan kategoriserats utifrån vilken roll den parametriska designen har haft i arbetsprocessen, nämligen det precisa-, det konceptuella- och det vägledande förhållningssättet.

The background of the entire page is a repeating pattern of interlocking cubes, similar to a honeycomb or foam structure. These cubes are rendered in a light gray color with subtle shading to give them a three-dimensional appearance. This pattern is overlaid on a light-colored wood grain texture, which is visible through the gaps in the cubes and across the entire surface.

06

Avslutning

Det här avslutande kapitlet inleds med en diskussion om utvalda delar av uppsatsen. Vilka incitament finns idag för landskapsarkitekter att vända sig till parametrisk design och vad innebär det i så fall för designprocessen? Fördelar och risker med simuleringar diskuteras precis som landskapsarkitektens roll i en digitaliserad arbetsprocess. Efter det görs ett försök att sammanfatta viktiga slutsatser från hela uppsatsen. Dessa sammanfattningar svarar tillsammans med diskussionen på vårt mål, syfte och på våra frågeställningar. Innan vi avslutar uppsatsen med att blicka framåt mot framtida studier så reflekterar vi över processen, hur det har varit att arbeta med ett så nytt ämne och att göra det i par. Där funderar vi också på vad som hade kunnat göras annorlunda i arbetet med uppsatsen.

6.1 Diskussion

Varför nya verktyg?

I litteraturstudien har vi sett att det under historiens gång har funnits olika incitament för införandet av nya verktyg inom såväl arkitekturen som landskapsarkitekturen. Många av dessa verktyg har sedan kommit att bli självklara i arkitektens arbetsprocess. I litteraturstudien ser vi till exempel att Hansen (2011) förklarar införandet av CAD i landskapsarkitekturen som ett resultat av en önskan att bättre kunna beskriva och rita friformskurvor. Det kan dock tänkas att andra argument för detta införande också fanns, så som en effektivisering av arbetsprocessen där det till exempel blev enklare att förändra det som ritades. Inom byggnadsarkitekturen uppstod ett behov av datorn och parametrisk design under 1990-talet då arkitekter behövde ett sätt att skapa de former som blev populära i och med "The Fold". Frågan är om det idag finns något liknande incitament till varför landskapsarkitekter ska vända sig till parametrisk design?

Ett incitament för landskapsarkitekter att vända sig till parametrisk design skulle kunna vara ett ökat krav på hur projekt agerar i förhållande till instabila väderförhållanden och klimatförändringar. Argumentet skulle kunna vara att parametrisk design kan hjälpa landskapsarkitekten att förstå och testa hur en gestaltning fungerar i relation till detta och att vi då kan ta bättre informerade beslut likt det vi såg i diskussionen om "performance". En problematik i det här argumentet kan dock ligga i att den typ av mjukvara som kan generera

verklighetstroga simuleringar av till exempel vattenrörelser eller erosion fortfarande är komplicerad att använda. Samtidigt har vi sett i tävlingsförslaget ”Bellwether” av ”PEG office of landscape + architecture” att det kanske inte är helt verklighetstroga simuleringar som behövs. Istället kan en mer abstrakt simulering av förhållanden hjälpa oss att ta informerade beslut tidigt i processen. Det är viktigt att poängtera att simuleringar i sig inte nödvändigtvis är parametriska och tvärtom, att parametrisk design inte nödvändigtvis innebär simuleringar. Snarare kan ett parametriskt system skapa en brygga mellan modellen och simuleringen samt göra det möjligt att använda den data som simuleringen ger för att påverka modellen.

Ett annat incitament skulle kunna vara flexibiliteten som finns i det parametriska modellerandet. Den passar en designprocess som likt landskapsarkitekters ofta är en process som växer fram under projektet. Möjligheten att generera många olika förslag och snabbt kunna gå tillbaka och förändra gestaltningen allteftersom den utvecklas är intressant även för landskapsarkitekter. Det innebär att flera varianter av en gestaltning kan testas och att förändringar inte blir lika kostsamma. Samtidigt sker dessa förändringar inom specifika ramar som bestämts av arkitekten. Även om flexibiliteten och de generativa egenskaperna är två styrkor så ska det påpekas att omfattande förändringar i ett parametriskt system skulle kunna ta lika lång tid som om de gjordes med konventionella verktyg. Om vi i exemplet med markbeläggningen till exempel skulle vilja ändra och göra en helt ny typ av mönster, låt säga ett fiskbensmönster, så skulle hela skriptet behöva göras om från grunden. Samtidigt är det just detta som bland annat Woodbury (2010) säger, att parametrisk design innebär att formgivaren från början behöver ta ett steg tillbaka och fundera över logiken som binder gestaltningen samman så att logiken och intentionerna är tydliga från början. I exemplen ”South park” och ”Brovaktarparken” var det just flexibiliteten i designprocessen som efterfrågades. Ingen utifrån krävde att parametrisk design skulle användas, utan landskapsarkitekterna vände sig till det för att underlätta arbetet.

En ny designlogik

Precis som Woodbury (2010) så menar Hernandez & Roberto, (2006) att formgivaren från början måste förutse vilka typer av variationer hen vill göra för att kunna bygga upp en flexibel modell som kan utföra de önskade variationerna. För att parafrasera en annan arkitekt som vi återkommit till under skrivandets gång så sa Chistopher Alexander (1964) för ungefär 55 år sedan att en logisk bild är enklare

att kritisera än en vag bild eftersom antaganden som den är byggd på förs upp i ljuset. Dess ökade precision ger oss möjlighet att bättre förstå vad designprocessen involverar (s.8). Det innebär att det är bra att ha intentionerna klara, vilket logiken i parametrisk design kräver. Formgivaren måste tänka på intentionerna med designen. I markbeläggningsmönstret handlade det till exempel om frågor som berörde;

Möjligheten att under processens gång kunna förändra stenarnas storlek. Alla stenarnas storlek ska dock förändras på samma sätt vilket gör att oavsett hur stor sten "A" är så kommer alla andra stenar att vara lika stora. Jag vill att stenarna ska ha en eller två färger och jag vill kunna förändra hur många procent ljusa respektive mörka stenar som ska finnas. Jag vill ha en fogstorlek som ska kunna förändras under designprocessen, och så vidare.

På gott och ont förlorar parametrisk design i det här perspektivet möjligheten att vara vag. Alexander riktade en befogad kritik till användandet av datorn som fortfarande idag kan argumenteras vara aktuell, även i ett parametriskt modellerande. Han sa att:

"The effort to state a problem in such a way that a computer can be used to solve it will distort your view of the problem. It will allow you to consider only those aspects of the problem which can be encoded—and in many cases these are the most trivial and the least relevant aspects."

(Alexander i Rybczynski, 2013)

Det kan vara lätt att slukas upp av kraften i olika digitala program, inte minst inom computational design. Det finns, precis som Alexander påpekar, en risk att fokus dras från vad som "egentligen" är det viktiga och att man fastnar i detaljer. Det kan vara ett argument till varför det bör ses som en teknik och ett verktyg som kan användas ihop med konventionella tekniker. På så sätt kan både "nya" och "gamla" tekniker i bästa fall komplettera varandra och hjälpa arkitekten att skapa bättre landskapsarkitektur. Istället för att placera ett verktyg i ett specifikt fack eller -ism anser vi att det borde, precis som parametricismens kritiker menar, ses som ett verktyg och en teknik fritt från en specifik stil. Kanske har Moussavi (2011) rätt när hon säger att parametriska verktyg måste räddas från Parametricismen. Utan att kopplas till en specifik stil och ett speciellt formspråk skulle de murar som kan tänkas finnas kring parametrisk design kunna rivas och tekniken skulle bli lättare att ta till sig för gemene landskapsarkitekt.

Att välja parametrar som styr en utformning innebär i förlängningen också att andra

parametrar väljs bort eller blir mindre styrande. I till exempel Max IV-projektet var vibrationerna från vägen den viktigaste faktorn för gestaltningen och blev därför den avgörande parametern i gestaltningens utveckling, det fanns alltså en tydlig hierarki bland parametrarna. I de fall det inte finns en lika tydlig hierarki bland parametrar kanske det konceptuella förhållningssättet till parametrisk design kan vara lämpligare? Alltså att det parametriska modellerandet används som en del i en mer konventionell arbetsprocess och kanske då främst för att öka flexibiliteten och genererandet av olika alternativ i modellen. Å andra sidan innebär alltid ett val av något att annat utesluts, även i en konventionell designprocess.

Landskapsarkitekten är programmeraren

Det kan finnas en rädsla för att programmerare eller till och med datorer tillsammans med AI (Artificiell Intelligens) och en automatisering ska ta över landskapsarkitekters arbete om parametrisk design växer och blir stort inom fältet. I litteraturstudien har vi dock sett att byggnadsarkitekters och landskapsarkitekters kunskaper är centrala när dessa ägnar sig åt parametrisk design. I grunden innebär det bara att datorn används som ett verktyg på ett nytt sätt, inte att den magiskt skapar gestaltningar eller lösningar. I och med de programvaror som finns för visuell programmering behövs inte heller en djupare programmeringskunskap för att ägna sig åt det, vilket gör att landskapsarkitekter själva kan lära sig parametrisk design. Runberger¹ belyser vikten av att det är arkitekterna själva som är involverade i programmeringen. Det utesluter inte att det också finns utbildade programmerare, däremot ser han en risk i att det på en arbetsplats till exempel skulle vara så att bara en kan modellera, en annan kan programmera och en tredje kan rita. Detta eftersom det då innebär att de arbetar i olika miljöer med olika språk. Utan ett gemensamt språk kan det till exempel vara svårt att förklara för programmeraren vad man tror att ett visst program eller skript ska kunna göra. Han fortsätter diskussionen genom att jämföra Revit och Rhino. Inom BIM och Revit så har den här uppdelningen redan skett och det går att argumentera för att BIM inte är utvecklat ur ett perspektiv som är gestaltningsorienterat. Med det menar han att det inte från början var ett verktyg som underlättade att skissa eller att forma ett koncept. Han menar att det kan finnas ett problem i att det i vissa modelleringsverktyg med BIM-fokus är önskvärt att definiera geometri som en sort, såsom en vägg, bjälklag eller marktyp väldigt tidigt i processen. Även om det har drivits av en förhoppning om att förbättra och förenkla arbetsprocessen så kan det uppfattas som ett sätt att berätta för arkitekter hur de ska arbeta, vilket kan skapa motsättningar¹. Det ska sägas att vi

1 Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

inte är intresserade av att välja ett program framför något annat i den här uppsatsen och vi menar inte heller att Runberger gör det. Vi tycker trots det att det här resonemanget kan vara relevant eftersom vi tror att en del av den kritik som kan finnas mot parametrisk design i stort är den som kan riktas mot BIM. Alltså att parametrisk design skulle vara något som berättar för arkitekter hur de ska arbeta. Med Runbergers sätt att se på det parametriska modellerandet så innebär det snarare en utökning av den arsenal av verktyg som arkitekten befogar över. Han har som det redan nämnts, också poängterat att parametrisk design inte ska göras vid sidan om arkitekturen. Snarare ska det göras och läras ut i samband med skapandet av arkitektur och konventionella metoder.

På de flesta skolorna för byggnadsarkitektur i Sverige finns kurser där parametrisk design studeras. Samtidigt är många av de större svenska arkitektkontoren mitt inne i en digitaliseringsfas där grupper och avdelningar med fokus på digitalisering och computational design utvecklas¹. En relevant fråga kan då vara om det finns några landskapsarkitekter med i dessa grupper? Eller kommer vi bli tvungna att lämna över våra projekt till andra professioner när mer avancerade programvaror än AutoCAD och Sketchup behöver användas? Med tanke på dessa frågor kan det här citatet vara relevant för landskapsarkitekter:

"Undoubtedly, it is an important time in the continued evolution of the profession, and an opportunity, if handled appropriately, to effectively manage the process of change instead of simply reacting to it after the fact."

(Greenstreet, 2016, p. xxx).

I det sambandet kanske risken snarare ligger i att landskapsarkitekter inte följer med i och påverkar den digitala utvecklingen. Det kan vara viktigt för landskapsarkitekter att börja se de digitala verktygen och 3D-modellen som mer än bara ett verktyg för visualiseringar och representationer. Att börja dra nytta av det på andra sätt och mer aktivt använda det i designprocessen. Samtidigt kan en ny generation av landskapsarkitekter som vuxit upp i en värld där digitala verktyg är en naturlig del av livet tänkas ställa krav på att både utbildning och arbetsplats ska ha förutsättningar för ett digitalt arbetssätt. Självklart bör en övergång till nya verktyg göras med ett kritiskt öga. Det kan vara intressant att fundera på hur användandet av parametrisk design kan integreras i en landskapsarkitekts vardag. Det första steget skulle kanske vara att börja arbeta med något av de 3D-program där det finns stöd för visuell programmering. Parametrisk design skulle kunna ses som en integrerad del i denna

¹ Intervju med Jonas Runberger den 23 Mars 2018

övergången, där det till exempel kan hjälpa 3D-modellen att bli mer flexibel.

Om man följer tesen som Sha Hweng och Gaia Scagnetti (2016) för när de jämför verktyg med virus kan det kanske argumenteras för att parametrisk design som verktyg har mognat de senaste åren. Nu finns exempel på projekt där formen inte är extraordinär, utan istället har en banalitet över sig. Viruset har därmed etablerat sig. I de exempel inom landskapsarkitekturen som presenterats i uppsatsen kanske både ”South Park”, ”Max IV” och ”Brovaktarparken” är exempel på det. Utseendet avslöjar inte att de blivit till med hjälp av parametriska verktyg även om de säkerligen skulle sett annorlunda ut om de inte hade blivit det. I projekten är inte extraordinära former ett självändamål, även om formerna inte heller är ”banala”. Istället har de parametriska verktygen använts för att underlätta och förbättra arbetsprocessen. ”Viruset” parametrisk design håller på att nå det vilande stadiet av ett framgångsrikt verktyg.

En representation är inte verkligheten

I teorin verkar performance innebära ungefär samma sak för byggnadsarkitekter som för landskapsarkitekter men hur det är tänkt att appliceras i praktiken verkar dock skilja sig de två emellan. Dessutom innebär performance olika saker för olika projekt. För landskapsarkitekter visar litteraturstudien att det hittills handlat mycket om att undersöka miljö- och klimatfaktorer för att upptäcka processer och krafter som annars inte hade kunnat uppfattas. Dessa kan senare användas på olika sätt i ett parametriskt modellerande. PEG visar med ”Bellwether” ett ”vägledande” exempel på hur det kan göras. Snøhetta använder istället performanceaspekter på ett ”precist” och regelbaserat sätt, i båda exemplen kan de sägas vara utgångspunkten i projektet.

Wallis och Rahmann (2016) sammanfattar ganska bra diskussionen om performance och simuleringar som blev uppenbar i och med litteraturstudien. De säger att det finns en stor potential för landskapsarkitekter att genom simuleringar och digitala verktyg kunna undersöka dynamiska, ofta osynliga system och krafter som formar landskapet. Ny mjukvara som i allt större utsträckning börjar bli tillgänglig för landskapsarkitekter gör det möjligt att modellera till exempel ”fluid dynamics” av vatten, vind, värme, tidvatten, luftfuktighet och föroreningar. Det gör det möjligt att bädda in temporalitet och förändring i designprocessen. Samtidigt påminner de om att det är representationer och inte ” verkligheten” som modelleras. Att det är en

inkomplett förståelse för system. De säger att trots att resultaten ibland är väldigt missledande och ibland väldigt användbara så råder det inga tvivel om värdet av att kunna utöka arkitekters förståelse för en gestaltungs performance. Speciellt när det handlar om faktorer som i andra fall hade varit för komplexa för människor att upptäcka (Wallis och Rahmann. 2016). På grund av det här kan det sägas vara viktigt för landskapsarkitekter att hålla sig kritiskt reflekterande till resultat av simuleringar. Det väcker en mycket viktig fråga om metadata och hur den ska undersökas, inte minst eftersom det verkar vara en allmängiltig tendens att ta vad datorn visar för en objektiv sanning. Vi får inte glömma att datorn bara beräknar och behandlar den data som görs tillgänglig. I parametrisk design är det någon med egna mål och syften som valt data och som byggt upp ett system eller ett skript. Frågan om metadata, det vill säga en transparens om vilken data som har behandlats och hur förblir därför viktig.

I sin kritik mot simulerandet av processer och dynamiska system i landskapet menar Sohn och Prezelj (2016) att det kulturella lagret i landskapet ofta glöms bort. På ett liknande sätt argumenterar Raxworthy (2013) för att de aspekter som inte går att simuleras i datorn på ett abstrakt sätt ofta glöms bort. Frågan är om tekniken och simuleringarna i sig kan beskyllas för det eller om det ligger hos formgivaren att förstå vilka begränsningar som finns och vilka andra aspekter de behöver ta i beaktning i en gestaltning. Risken ligger då snarare i att landskapsarkitekten inte är kritisk mot det som datorn visar, att det tas för att vara ”sanningen”.

6.2 Sammanfattande slutsatser

I uppsatsen har det blivit klart vad parametrisk design är och kan vara för något. Efter att ha läst uppsatsen hoppas vi det räcker med att förklara begreppet som ett förhållningssätt till design där modeller byggs upp av parametrar, vilka styrs genom bland annat visuell programmering som formgivaren aktivt skapar och påverkar. Kärnan i parametrisk design är att gestaltningens delar är relaterade till varandra, förändras på ett koordinerat sätt och är justerbara genom hela processen. Om inte det räcker så refererar vi tillbaka till de tolkningarna som gjordes på s.25-27. Det har visats att 3D-modellen har en central roll i ett parametriskt förhållningssätt och att det är den huvudsakliga platsen för design. Det är genom den som simuleringar, analyser och genereringar kan testas och undersökas.

Genom att se hur verktyg och tekniker utvecklats i ett historiskt perspektiv har det

parametriska modellerandet kunnat ses som ett steg i den digitala utvecklingen av arkitekturen. Precis som sektionen och centralperspektivet en gång utvecklades som nya tekniker så har det parametriska modellerandet utvecklats eftersom det uppstått ett behov av det.

Vi har sett att de verktygen som finns tillgängliga för arkitekter kan påverka en gestaltungs slutresultat. Från formalistiska räta linjer till friformskurvor och sedan de morfologiska formerna som parametricismen förespråkar. Det har sagts att även om dessa former är vanliga som ett resultat av parametriskt modellerande så behöver det inte resultera i ett visst utseende. Raka, euklidiska former kan lika gärna vara ett resultat.

Det har sagts att parametrisk design har funnits inom byggnadsarkitekturen i drygt 20 år men är relativt ny för landskapsarkitekter. Stora delar av den diskurs som har förts inom byggnadsarkitekturen är dock relevant för landskapsarkitekter och kan appliceras på landskapsarkitektur, inte minst eftersom landskapsarkitektur till viss del även består av objekt. Det innebär att tekniker inom parametrisk design som används på byggnadsarkitektur många gånger direkt kan översättas till landskapsarkitektur. Lika viktigt är det att förstå skillnaderna mellan byggnads- och landskapsarkitektur. Det senare är mycket mer än bara ett fält av samlade objekt. Det gör det viktigt att undersöka nya riktningar i användandet av de digitala verktygen och anpassa dem efter de behov som finns inom landskapsarkitekturen. För landskapsarkitekter verkar det till exempel finnas en stor potential att arbeta med en performancebaserad grund där den parametriska modellen blir basen och där dynamiska system kan testas genom bland annat simuleringar under hela designprocessen.

Det har visats att parametrisk design kan vara olika saker för olika projekt men också att olika personer förhåller sig till det på olika sätt. Vi sa precis att det går att se det som ett steg i den digitala utvecklingen, som en teknik precis som till exempel sektionen. Patrik Schumacher menar istället att det är ny arkitekturpök. Det är ett helt annat förhållningssätt och i det sammanhanget betyder parametriskt modellerande något annat. Det är inte längre en teknik likt andra.

Som exempel på att det kan innebära olika saker i olika projekt och för att beskriva vad parametrisk design kan vara för landskapsarkitekter diskuteras det parametriska modellerandets roll i olika landskapsprojekt. Det resulterar i en uppdelning där till exempel Snøhetta sades ha ett ”precist” förhållningssätt till design medan Fletcher Studio hade ett ”konceptuellt” förhållningssätt i gestaltandet av ”South Park”.

Det går hand i hand med synsättet på parametrisk design som en teknik att ta till när det anses nödvändigt. Projektet får avgöra vilket förhållningssätt som bäst passar och i vilken utsträckning det parametriska modellerandet ska användas. Det innebär att designprocessen både kan likna den konventionella designprocessen och fundamentalt skilja sig från den, helt beroende på hur projektet ser ut. Det har visats exempel på ett landskapsprojekt där modellerandet i själva verket likställs med designprocessen. PEG lät studera de platsspecifika fenomenen inför skapandet av förslaget "Bellwether" för att sedan låta dem leda vägen i designprocessen. De kallar vi för ett "vägledande" förhållningssätt till parametrisk design.

Parametrisk design kan stå i kontrast till den intuition och frihet som till exempel handskissandet erbjuder, men behöver inte göra det. Om det medges att olika tekniker, vare sig de är analoga eller digitala, är bra och dåliga på olika sätt, att det finns gånger då det är bättre och sämre att använda sig av parametriskt modellerande så blir den frågan inte lika relevant. Parametrisk design kan då rymma både mer konventionella tekniker tillsammans med det parametriska modellerandet och därmed existerar inte det motsattsförhållande som ofta diskuteras mellan handskissande och digitala verktyg. Handskissandets roll förblir viktig i landskapsarkitekters designprocess och parametriskt modellerande gör i ett sådant förhållningssätt inte anspråk på att ersätta konventionella tekniker där de fortfarande tillför designprocessen något som det parametriska inte kan erbjuda, inte heller innebär parametrisk design i ett sånt förhållningssätt att arkitekter tvingas gestalta på ett visst sätt. Snarare är det en teknik som kan ge arkitekter kraftiga generativa och analytiska egenskaper, en teknik precis som till exempel sektionen kan förbättra en arkitekts möjligheter att skapa "bra" landskapsarkitektur.

6.3 Processreflektion & Kritik

Under arbetet med uppsatsen har vi märkt att mängden litteratur som behandlar parametrisk design och landskapsarkitektur är relativt liten. Speciellt mängden vetenskapligt granskad litteratur. Samtidigt är mycket av den litteratur som behandlar parametrisk design i stort ofta komplicerad om läsaren saknar grundkunskaper inom ämnet. Avvägningen i valet av källor har därför varit svår. I de fall där källor inte varit vetenskapligt granskade har vi försökt vara extra källkritiska. Det har resulterat i att de källor som använts, även de som inte är vetenskapligt granskade, huvudsakligen är författade av relevanta personer inom ämnet och i de flesta fallen

är lärare eller professorer vid erkända universitet. Boken *Landscape Architecture and Digital Technologies* (2016) av Gillian Wallis och Heike Rahmann har fungerat som en utgångspunkt för delar av arbetet med uppsatsen, eftersom det är en av få publiceringarna som berör ämnet parametrisk design och landskapsarkitektur. Det finns såklart andra böcker men dessa har dock inte varit tillgängliga på svenska bibliotek och kostat för mycket för att köpa när det varit oklart hur relevanta de hade kunnat vara. Svårigheten i att hitta relevanta vetenskapligt granskade källor har resulterat i att mängden kanske inte blev den vi initialt hade hoppats på. Samtidigt visar det på ett glapp i forskningen där det finns potential för framtida utveckling. Även om det gick ganska snabbt att få korta definitioner av vad parametrisk design är så upplevde vi det som tidskrävande att få de grundläggande kunskaperna om vad det faktiskt innebär och betyder. Bristen på sådan information har format den här uppsatsen. Större fokus än vad som var tänkt från början har lagts just på att försöka förklara vad parametrisk design är, både praktiskt och teoretiskt. Uppsatsen är ett försök att delvis fylla den lucka som vi har upplevt funnits. Förhoppningsvis blir det enklare att förstå annan litteratur som berör ämnet efter att vår uppsats har lästs. Vissa ämnen förstod vi först inte var relevanta eftersom de inte direkt handlade om parametrisk design. Själva simuleringen av dynamiska system och processer behöver till exempel inte vara parametriskt vilket gjorde att vi relativt sent in i arbetet förstod att det var relevant. Kanske hade dessa delar kunnat utvecklas längre om insikten av detta hade kommit tidigare i arbetsprocessen.

Vid sidan om skrivandet av uppsatsen har mycket tid spenderats på att försöka lära oss och förstå den praktiska delen av parametrisk design. Eftersom ingen av oss hade några förkunskaper har mycket av tiden spenderats på att göra ”tutorials”, vilket inte nödvändigtvis syns i uppsatsen. Kapitelbilderna i början av varje kapitel är exempel på mönster som vi gjort under arbetets gång. I slutändan anser vi dock att arbetet med att lära oss de praktiska grunderna blev en förutsättning för att förstå parametrisk design och förhoppningsvis kunna förmedla det på ett greppbart sätt. Genom att arbeta praktiskt med parametrisk design upplevde vi att teorin blev enklare att förstå. När förståelsen för logiken som finns i den visuella programmeringen ökade så växte också förståelsen för vilka begränsningar och möjligheter som finns med tekniken. Det finns ”Communitys” på internet för både Grasshopper och Dynamo där människor delar med sig av tips, erbjuder hjälp och delar skript, vilket är en stor fördel för den som är ny inom ämnet. Många av de tillägsprogram som finns till programmen och som till exempel tillåter miljömässiga analyser i modellen är ”open source” vilket innebär att de är gratis att använda och har tagits fram av privatpersoner eller organisationer. Precis som i mycket annat är

det viktigt att förbli källkritisk när sådana program används. Om mer tid hade funnits att disponera tror vi att den praktiska delen hade kunnat utvecklas ännu mer och på så sätt varit mer närvarande i uppsatsen.

För att kunna lära oss den praktiska delen av parametrisk design behövde vi också lära oss grunderna i de 3D-program som de är kopplade till. Det här gav oss en inblick i hur användbart, men också vilka svårigheter som kan finnas med att använda de olika 3D-programmen i samband med landskapsarkitektur. Det har nämnts tidigare i uppsatsen, att både programmen Revit och Rhino har testats. Initialt började vi med att använda Revit och det visuella programmeringsprogrammet Dynamo. Vi upptäckte dock att topografiska former var svåra att modellera i Revit. En annan aspekt som kan vara en stor fördel, men också en nackdel med Revit är att det är ett ”BIM”-program, vilket förenklat innebär att information, till exempel produktinformation och växtarter, kopplas till varje enhet i 3D-modellen. Allt måste definieras som till exempel en vägg eller ett bjälklag eller en marktyp med mera. I kontrast till det är Rhino ett program för friformsmodellering där alla möjliga typer av former kan skapas på ett relativt enkelt sätt. För att sammanfatta kan det alltså sägas att Rhino är ett designverktyg och Revit ett projekteringsverktyg. Det här får även stöd i Wallis och Rahmann (2016) där de visar exempel på projekt där designen först tas fram i Rhino och sedan importeras in i Revit för att knyta information till modellen i projekteringsfasen.

Eftersom ämnet var okänt för oss innan vi började med uppsatsen var våra frågor många. Om så inte varit fallet hade vi kanske tjänat på att ha färre och mer precisa frågeställningar. Med hjälp av litteraturstudien, våra praktiska exempel och exempelstudierna tycker vi oss dock ha besvarat uppsatsens frågeställningar och att dessa har varit relevanta.

6.4 Framtida studier

Det finns ett generellt behov av mer studier och forskning kring parametrisk design och landskapsarkitektur, precis som det finns ett behov av att undersöka och utveckla nya metoder för användandet av parametrisk modellering inom landskapsarkitektur. Nedan följer några områden som vi stött på under arbetet med uppsatsen men inte haft möjlighet att inom ramen för detta arbete fördjupa oss i. Kanske kan de vara relevanta för framtida studier.

Möjligheten att knyta simuleringar till designprocessen genom parametriska system är intressant. Det finns en potential i att undersöka det vidare. Ny teknik gör det möjligt att på nya sätt simulera till exempel miljöbeteenden.

Vi har stött på olika metoder för att modellera hur människor beter sig i olika sammanhang. Så kallade "agent-based systems". Kan det med hjälp av parametrisk design, och i så fall hur kan det integreras i gestaltandet av landskapsarkitektur?

Det har bara ytligt diskuterats i den här uppsatsen men vi har sett exempel på hur simulerandet av olika material kan integreras i designprocessen. Hur det åldras och beter sig i olika sammanhang. Exakt hur det kan göras för landskapsarkitekter är dock oklart men det hade varit intressant att undersöka det vidare.

Frågan om metadata är viktig och bör undersökas vidare. Hur ska den undersökas? Är det svårt att avgöra om simuleringarna är korrekta, eller kanske viktigare; vilka faktorer som tagits med och vilka som lämnats utanför i till exempel en simulering. Hur ska man själv kunna vara källkritisk till skript?

Hur kommer det här påverka landskapsarkitekters framtida arbetsuppgifter? Är det arkitekter själva som tillverkar sina egna verktyg? Behöver alla kunna programmera visuellt eller kommer arkitektkontor att ha en eller några få ansvariga personer som utvecklar verktyg inom till exempel Grasshopper? Innebär parametrisk design stora kostnader som riskerar att stänga ute mindre kontor eller inte?

Referenser

Abdelhady, I. (2017). *ARCH2O*. Tillgänglig: <https://www.arch2o.com/about/> [2018-02-22]

Alexander, C., 1964. *Notes on the synthesis of form*. Cambridge: Mass.

Anton, I. & Tanase, D. (2016). Informed Geometries. Parametric Modeling and Energy Analysis in Early Stages of Design. *Energy Procedia*, vol. 85(01), pp. 9-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.269>

Barron, E. (2008). Drawing in the digital age. I: M. Treib (red), *Drawing/Thinking - Confronting an electronic age*. London: Routledge, pp. 112-121.

Belesky, P. (2013). Adapting computation to adapting landscapes. *Kerb 21: Adapted practices*, vol. 21, pp. 50-53.

Belfiore, M. (2016). *How 10 Industries are using big data to win big*. Tillgänglig: <https://www.ibm.com/blogs/watson/2016/07/10-industries-using-big-data-win-big/>

Butler, D. (2016). *Classroom Aid - Non-Euclidean Geometry* [Video]
Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=coPD3h8Lidc&t=201s> [2018-05-12].

Carmo, M. (2004). Ten years of folding. I: G. Lynn (red). *Folding in architecture*. Hoboken: Wiley-Academy, pp. 14-18.

Carmo, M. (2013). Digital Indeterminism: The New Digital Commons and the Dissolution of Architectural Authorship. I: P. Lorenzo-Eiroa & A. Sprecher (red), *Architecture in Formation: On the Nature of Information in Digital Architecture*. Abdington: Routledge, pp. 47-51.

Charalampidis, E. & Tsalikidis, I. (2015). A parametric landscape design approach for urban green infrastructure development. I: *Changing Cities II: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions* (pp. 591-600). Port Cheli, Peloponnise, Grekland 22-26 Juni, Aristotle University of Thessaloniki. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/283706970_A_parametric_landscape_design_approach_for_urban_green_infrastructure_development [2018-05-17]

Davis, D. (2013). *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*. Diss. Melbourne: RMIT University.

Davis, D. (2018). *daniel davis*. Tillgänglig: <https://www.danieldavis.com/about/> [2018-03-26].

Eklund, H. (2018). Mötet. *Arkitekten*, Januari, pp. 22.

Fletcher, D. (2018). *The Parametric Park*. Opublicerad artikel

Frazer, J. (2016). Parametric Computation: History and Future. *Architectural Design*, Vol. 86(2), pp. 18-22. DOI: <https://doi.org/10.1002/ad.2019>

GRAND NCE, n.d. *GRAND NCE*.

Tillgänglig: <http://grand-nce.ca/about/people/bios/robert-woodbury.html> [2018-03-26].

Greenstreet, B. (2016). Introduction: Established and Emerging Trends. I: M. K. & D. Kopec, (red). *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice*. New York: Routledge, pp. xxix-xxxi.

Hansen, A. (2011). From hand to land: Tracing procedural artifacts in the built landscape. *Scenario journal*, Vol. 1. Tillgänglig: <https://scenariojournal.com/article/from-hand-to-land/> [2018-05-17]

Hernandez, B. & Roberto, C. (2006). Thinking parametric design: Introducing parametric Gaudí. *Design Studies*, Vol. 27(3), pp. 309-324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.006>

Hudson, R., 2010. Strategies for parametric design in architecture. Diss. Bath: University of Bath.

Huerta, S. (2006). Structural design in the Work of Gaudí. *Architectural Science Review*, Vol. 49(4), pp. 324-339. Tillgänglig: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3763/asre.2006.4943> [2018-05-17]

Hwang, S. & Scagnetti, G. (2016). Towards a viral understanding of tools. *Kerb 23*:

Digital landscape, Vol. 23, pp. 74-75.

Jabi, W. et al. (2017). Enhancing parametric design through non-manifold topology. *Design Studies*, Vol. 52(1), pp. 96-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.04.003>

Kingery-Page, K. (2016). Reviews: Responsive Strategies for Responsive Technologies in Landscape Architecture. *The Journal of Architectural Education*. Tillgänglig: <http://www.jaeonline.org/articles/reviews-books/responsive-landscapes-strategies-responsive-technologies-landscape#/page3/> [2018-05-12].

Kling, A. (2017). Bra vibrationer. *Arkitektur*, 05 Oktober, pp. 36-43.

Kolarevic, B. (2005). Computing the Performative Architecture. I: B. Kolarevic & A. M. Malkawi (red). *Performative Architecture: Beyond Instrumentality*. New York: Spon Press, pp. 194-213.

Kotsioris, E. (2015). Architecture and the Computer: A Contested History. *The Architectural Review*, 09 Februari. Tillgänglig: <https://www.architectural-review.com/essays/viewpoints/architecture-and-the-computer-a-contested-history/8678167.article> [2018-05-17]

LeCorbusier. (1986)[1931]. *Towards a new architecture*. New York: Dover publications.

Mah, D., 2016. Sense and sensibilities. *Kerb 23: Digital landscape*, Vol. 23, pp. 66-71.

Moussavi, F. (2011). Viewpoints: Farshid Moussavi on the need for parametric thinking. *The Architectural Review*, 21 September. Tillgänglig: <https://www.architectural-review.com/essays/viewpoints-farshid-moussavi-on-the-need-for-parametric-thinking/8620000.article> [2018-05-17]

Mårsén, A. (2016). Brovaktarparken - Att inte uppmana till vistelse. I: Å. Drougge, A. Kling & K. Westermarck (red). *Landskap Nu!*. Stockholm: Sverigers Arkitekters akademi för landskapsarkitektur, pp. 16-19.

Oxman, R. (2008). Performance-based Design: Current Practices and Research Issues. *International journal of architectural computing*, Vol. 06(01), pp. 1-17. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/30873604_Performance-based_Design_

Current_Practices_and_Research_Issues [2018-05-17]

Pandit, A. S., n.d. *ARCH2O*.

Tillgänglig: <https://www.arch2o.com/10-parametric-plugins-every-architect-should-know/>
[2018-02-22].

Paulsson, C. A. (2017). A Study of the adaptation of parametric computer design among landscape architecture professionals in Texas. Arlington: University of Texas. (Examensarbete 2017)

Phillips, S. (2012). *Parametric Design: a Brief History*. Tillgänglig: <http://www.aiacc.org/2012/06/25/parametric-design-a-brief-history/> [2018-03-23].

Picon, A. (2013). Substance and structure 2: The culture of landscape architecture. *Harvard Design Magazine*, Vol. 36(1). Tillgänglig: <http://www.harvarddesignmagazine.org/issues/36/substance-and-structure-ii-the-digital-culture-of-landscape-architecture> [2018-05-17]

Prominski, M. & Koutroufinis, S. (2009). Folded Landscapes: Deleuze's Concept of The Fold and Its Potential for Contemporary Landscape Architecture. *Landscape Journal*, Vol. 28(2), pp. 151-165. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/250231916_Folded_Landscapes_Deleuze%27s_Concept_of_the_Fold_and_Its_Potential_for_Contemporary_Landscape_Architecture [2018-05-17]

Raxworthy, J. (2013). *Novelty in the Entropic Landscape: Landscape architecture, gardening and change*. Diss. Queensland: University of Queensland.

Renn, A. M. (2018). Architect Patrick Schumacher : "I've been depicted as a fascist". *The Guardian*, 17 Januari. Tillgänglig: <https://www.theguardian.com/cities/2018/jan/17/architect-patrik-schumacher-depicted-fascist-zaha-hadid> [2018-05-17]

Runberger, J. (2012). *Arkitekters verktyg: En kritisk diskussion om betydelsen av verktyg i förståelsen och skapandet av arkitektur*. Stockholm: Arkus.

Rybczynski, W. (2013). Parametric Design: What's Gotten Lost Amid the Algorithms. *Architect Magazine*, 11 Juli. Tillgänglig: http://www.architectmagazine.com/design/parametric-design-whats-gotten-lost-amid-the-algorithms_o [2018-05-17]

Sattler, M. (2016). Situating Meanings of Sustainability Within the Architectural Discourse. I: M. Kanaani & D. Kopec (red). *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice*. New York: Routledge, pp. 187-201.

Schumacher, P. (2007). Arguing for Elegance. *Architectural Design*, Vol. 77(1), pp. 28-37. DOI: <https://doi.org/10.1002/ad.394>

Schumacher, P. (2009). Parametric Patterns. I: H. Castle & M. Garcia (red). *Patterns of Architecture*. London: AD Architectural Design, pp. 28-41. DOI: <https://doi.org/10.1002/ad.976>

Schumacher, P. (2010). The Parametricist Manifesto. *The Architect's Newspaper*. 10 Juni. Tillgänglig: <https://archpaper.com/2010/06/the-parametricist-manifesto-2/> [2018-05-17]

Schumacher, P. (2015). *In Defense of Parametricism*. London: Machine Books.

Schumacher, P. (2016). Design Parameters to Parametric Design. I: M. Kanaani & D. Kopec, (red). *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice*. New York: Routledge, pp. 3-20.

Simon Fraser University, n.d. *Robert Woodbury*. Tillgänglig: <https://www.sfu.ca/siat/people/faculty/rob-woodbury.html> [2018-03-26].

Sohn, B. & Prezelj, H. (2016). Towards an Aesthetics of Affect for Landscape Architecture/Urbanism. I: *BEYOND ISM: THE LANDSCAPE OF LANDSCAPE URBANISM* (pp. 28-33). Alnarp, Sverige 19-21 Oktober, SLU. Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/fuse/conf-beyond-ism/proceedings/prezel-et-al_-_towards-an-aesthetics.pdf [2018-05-17]

Steele, B. (2016). Designing practice: A foreword to the Routledge Companion for Architectural Design and Practice. I: M. K. & D. Kopec (red). *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice*. New York: Routledge, pp. xxi-xxiii.

Svenska akademiens ordlista. (2015) *Parameter*. Tillgänglig: <https://svenska.se/tre/?sok=parameter&pz=1> [2018-08-28]

Svenska akademiens ordlista. (2015) *Skript*. Tillgänglig: <https://svenska.se/tre/?sok=skript&pz=1> [2018-08-28]

Svensk ordbok. (2009) *Koda*. Tillgänglig: <https://svenska.se/tre/?sok=koda&pz=1> [2018-08-28]

Svensk ordbok. (2009) *Programmera*. Tillgänglig: <https://svenska.se/tre/?sok=programmera&pz=1> [2018-08-28]

Waldheim, C. (2013). Landscape as digital media: Notes toward a digital landscape 3.0. *Thinking the Contemporary Landscape - Positions and Oppositions*. Tillgänglig: https://www.ethz.ch/content/vp/en/conferences/2013/ila/06_friday/721350b3-84e7-43fe-9078-ff3a11bd0446.html [2018-05-17]

Wallis, J., Hong, Z., Rahmann, H. & Sieweke, J. (2014). Pedagogical foundations: deploying digital techniques in design / research practice. *Journal of Landscape Architecture*, Vol. (9)3, pp. 72-83. DOI: <https://doi.org/10.1080/18626033.2015.968421>

Wallis, J. & Rahmann, H. (2016). *Landscape architecture and digital technologies: re-conceptualising design and making*. New York: Routledge.

Wolfrum, S. (2015). *Squares: Urban spaces in Europe*. Basel: Birkhäuser.

Woodbury, R. (2010). *Elements of parametric Design*. 1. uppl. Oxfordshire: Routledge.

Figurförteckning

Figur 1. Hay, A (2013) *St Peter's, Vatican* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/andyhay/10021670026/in/photolist-ggzFmf-bVdHGz-5wSDrs-cXDy67-gjbfGy-auJq6R-dds5ob-2LJpQD-5wN28a-4RxMrz-7ez3bw-gjaXkh-u5aMg-gjbyUD-bVdHTB-itBrCE-cXDz5s-6njwGE-cXDy3-iCNn2i-cXDyNL-u5bg7-8SRe3G-7kENMR-gG86Zh-6awHAG-6kgN8a-iWSoUd-jyzEfG-j7SaEN-cczYM5-5oNynr-8My2bi-FXWY1b-GtmAYW-FXWYQh-57eNrY-6wD2tL-2rzCoX-2rzF1T-GQrc2C-7kMeJg-739K1D-bVdHHH-8rLSmB-4RBXE1-qppux-2rE4U1-5yaqi6-4ddqr> [2018-06-12]

Figur 2. Abel. T (2012) *Saint Peter's Square* [fotografi]. https://www.flickr.com/photos/lennox_mcdough/7849658816/in/photolist-cXDy67-gjbfGy-5wN28a-4RMrz-7ez3bw-bVdHTB-itBrCE-6njwGE-iCNn2i-gG86Zh-j7SaEN-cczYM5-8My2bi-gjaXkh-u5aMg-gjbzUD-cXDz5s-cXDyj3-cXDyNL-u5bg7-8SRe3G-7kENMR-6awHAG-6kgN8a-iWSoUd-jyzEfG-5oNynr-FXWY1b-GtmAYW-FXWYQh-bVdHHH-8rLSmB-2z93ud-4EZ6vy-anZbSS-57eNrY-6wD2tL-2rzCoX-2rzF1T-GQrc2C-7kMeJg-739K1D-4RBXE1-qppux-5yaqi6-2rE4U1-4ddqr-DFshad-gjwQ5A-dUtvf [2018-06-12]

Figur 3. Enking (Ellie). L (2010) *Hanging model for Colonia Guell* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/33037982@N04/5232195836/in/photolist-8Ymnx3-FyfqZ-FydBu-7MQnb-7YB3LV-dRMre3-c4a1Ad-9SU818-3kEepq-3kFY8o-MxqRP-9bftNd-4ft1m4-9Xp9ao-eMHrtV-eL4tTj-7ZEGZC-e5XbzE-bBo5G-699orA-nv8bPW-8VD7XC-XR2kDt-57Vuwk-82JxgZ-8Ymnub-ifr5X8-2NTPHX-3evikU-KqPd8-4cz4j-6va1FQ-2NY7Do-9J9dkc-9Xp4ro-KEzTGs-oDBzVe-2ERFpQ-DPzvDz-7CqnMy-4v9xhX-pStRev-Dhyqy-oKRF4S-58aV7K-q7BBxG-XA5AaJ-XCP2u4-WzgehL-XR2j5g> [2018-06-12]

Figur 4. mibuchat (2012) *Schlosswiederaufbau Herrenhausen, Hannover* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/mibuchat/7198486684/in/photolist-bY78io> [2018-06-12]

Figur 5-7. Skisser av författarna

Figur 8. Polybert49 (2005) *Grazer Riesenenter* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/poly-image/8361803718/in/photolist-dJUqVC-4d8DLN-4d4DYp-75j8RP-S7BDvC-KcUDug-25mmSS7-R4GZkL-6eyao-R7MXXr-W3dHWZ-driopv-goZwMP-8UPEig-4cXNa-dJUqwC-n3cLe-bbAsZ-9FA5qj-hjyj8-RM6GXu-R7mCS2-hjyrL-4J6K5y-TSzfvo-bndUN7-A2smyp-gp4Wk5-9E5h9C-26jqCjc-qaDaLB-R7MMRV-RM6hHh-SiaYF7-RM6pjd-7mE1Jp-gp14GM-5gdxqQ-VHs9Y4-q4nn9Z-ruBrpV-SmRVEc-rKKAT-SaFXeg-SmRVqK-qaDaGZ-qaqQuq-8RLxYY-rKKAP-poMXTS> [2018-06-12]

Figur 9. Forgemind ArchiMedia (2005) *FOA - YOKOHAMA INTERNATIONAL PORT TERMINAL 01.jpg* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/eager/5092342025/in/photolist-8KZzSr-8L3FMq-8KZBYZ-5iKdyJ-8KZAKc-8KZCa6-8L3GPb-8KZCpv-8L3Fq3-8KZCzn-8L3Ex3-8KZBdP-8KZCXg-8KZCPF-8L3Fco-8KZAWT-8KZArT-8L3Goh-8KZAu8-8tZHi9-8L3Gcd-8AJQPz-eMVFTx-5iEXx2-4NRYbd-eMVEoT-8C2z78-9ATT-6c2ynm-8BB4Ay-5wNxoE->

8L3EJ3-5iKkuA-8KZD4X-8KZBAH-e2RDW-6bpNqT-5iEVWD-eMVHpr-
6bpNa4-eMVF88-eN85Jy-6btW8W-6bpN2r-cpuP3G-eMVGLz-5wJbwT-eGRWko-
eGRTRf-eGKNx4 [2018-06-12]

Figur 10. Forgemind ArchiMedia (2002) *FOA - YOKOHAMA INTERNATIONAL
PORT TERMINAL 21.jpg* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/eager/5092346571/in/photolist-5iKdyJ-8KZAKe-8KZCa6-8L3GPb-8KZCpv-8L3Fq3-8KZCzn-8L3Ex3-8KZBdP-8KZCXg-8KZCPF-8L3Fco-8KZAWT-8KZArT-8L3Goh-8KZAu8-8tZHi9-8L3Gcd-8AJQPz-eMVFTx-5iEXx2-4NRYbd-eMVEoT-8C2z78-9ATtT-6c2ynm-8BB4Ay-5wNxoE-8L3EJ3-5iKkuA-8KZD4X-8KZBAH-e2RDW-6bpNqT-5iEVWD-eMVHpr-6bpNa4-eMVF88-eN85Jy-6btW8W-6bpN2r-cpuP3G-eMVGLz-5wJbwT-eGRWko-eGRTRf-eGKNx4-eGRVEf-eN88g1-6bpNuB> [2018-06-12]

Figur 11. Churchill. S (2013) *Alibaba_Headquarters* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/samchurchill/9711024530/in/photolist-fN8xgq-zcfNrG-CQgVdT-CMYaaQ-BSTtRn-6ZcxQG-7uE8gy-aELeXp-enpNfM-enZugq-enZKNN-7uAfYK-enZRjo-nvioBU-enpsez-cymhjS-susj4j-enq8Vr-enZE5h-enZHa3-enpTA4-8WjLmy-p43Un7-enpDcR-Co9LTb-Co9NHU-Co9My9-CGYzFt-CEJaib-CEJ8C7-CGYzVB-CQgWyt-Co9Mb5-CEJ8mL-CMYb8b-CMYbXY-CGYzwF-CMYc5w-BSLdRY-HJ2Rro-BSLfa9-BSTuRZ-HL5QJU-CMYbkA-enZAWq-PTnSoX-PQan3f-6o7DU-xfosMv-xfjU4S> [2018-06-12]

Figur 12. Hyde. R (2008) *ARM- Melbourne Recital Hall and MTC Theatre, 2009* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/roryrory/2599364175/in/gallery-dreamyshade-72157622278114429/> [2018-06-12]

Figur 13. harry_nl (2015) *Brussels: Parlement Francophone Bruxellois* [fotografi]. https://www.flickr.com/photos/harry_nl/23064621974/in/photolist-YRZkp9-BS5ip7-Bsfj8j-YaWvjf-B99dy7-9fNYiM-aztzNb-pHxwZf-aztAxw-8NduyU [2018-06-12]

Figur 14. KittyKaht (2012) *Bubble Pop and Bird's Nest* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/kittykaht/7069329109/in/photolist-7j7Xa6-7wboVb-7wbqF7-7w7AGr-7cLNLc-bLGafD-7PuMnC-5hEDAD-5dBXPQ-7cLStP-9uX91Z-Tppuv-69os2m-6x5nPP-5hJXNU-TqxA-Tpp2k-TpoeR-7r9Zru-7ra145-7r64gB-fSwdNY-5hEBMv-8r9Ud5-88o2my-VFXixb-TqzjG-8ZLjx3-2VBves-Tprfr-TpnRg-PGBc6-7cQHxh-Tpo3z-TqyhQ-aF86jm-5hJWFW-fSwdPE-fSwdQ1-fSwdRd-7wCPLw-5hEAo2-8zwXnQ-9KSJgS-SeqWnm-dvqGgG-8r6MBP-7j7Xac> [2018-06-12]

Figur 15. Dun.can (2013) *St Andrew Undershaft and the Gherkin* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/duncanh1/9731562839/in/photolist-fPWNAc-EcxYJ-jCnrr-6kean-6v6RBt-FPkkGw-HRWp4W-dhZgMn-27foCsE-4dEWNP-6t7csB-aWUH9Z-nkHmPi-zkELQM-drKzUe-7METgP-2zfVL-8HfM1r-3g1DMw-9oiVxr-7tYsTo-VvaCYu-dkgica-rmURZg-ogaV7w-5BQWuH-qcaBnn-72RvMB-8cTYqX-4CyfhU-qc8rLj-kfbXvB-27CiMqj-8dayij-4eW6SS-Vn9SLz-pokNbG-7wURpQ-diHKkL-cSriv9-7ymncm-quWmVd-a3GrJb-8Wi25r-ntpLXa-4ttj1s-FwKpUF-4SoTNC-26fu972-25YUeqx>

Figur 16-27. Illustrationer av författarna

Figur 28. Skiss av författarna

Figur 29. Aleksandr Zikov (2017) *Heydar Aliyev Center* [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/infanticida/27761588499/in/photolist-Jicp4z-DA1bbZ-22ab1VL-21SCp9e-DA19EH-23ePSBF-23cbhkG-F77toL-JicoTz-22ab1F7-F77xTN-23ePXHx-JicpMZ-Jicomx-F77wru-21SCoVi-21SCim2-21SCouD-F77zob-JicqVk-23ePSXa-23ePSdp-F77ztS-F77zVo-22aaTc9-XcSUjN-23ePUnV-22aaXB1-23cbjNs-22aaSTo-JicoDr-23cbjch-23eQ6LM-23eQ6Ke-23ePVRg-21SCoPr-JicodM-Yc113s-s6Kcmg-t3ywWT-JicpGi-t3jSdo-NK5uUf-YbZYZA-umd6jw-YbZXrA-YdyEdb-22aaT3S-23cb79E-23cbgFL>

Figur 30. Illustration av författarna

Figur 31. Fotografi av författarna

Figur 32. Illustration av författarna

Figur 33. Fletcher studio (2017) *Figure 1* [fotografi]

Figur 34-35. Fletcher studio (2014) Illustration

Figur 36. Fletcher studio (2017) *Figure 5* [fotografi]

Figur 37-40. Fletcher studio (2014) Illustration

Figur 41. Fotografi av författarna

Figur 42. M.Schlosser (2016) *Max IV*-24. [fotografi]

Figur 43. PEG office of landscape + architecture (2011) Situationsplan av Bellwether

Figur 44-46. Illustrationer av författarna

Figur 47. PEG office of landscape + architecture (2011) "Hachure" mönster som analys av vattnet på platsen

Figur 48. Illustration av författarna samt Fig.33, Fig.41, Fig.42 och Fig.43

